

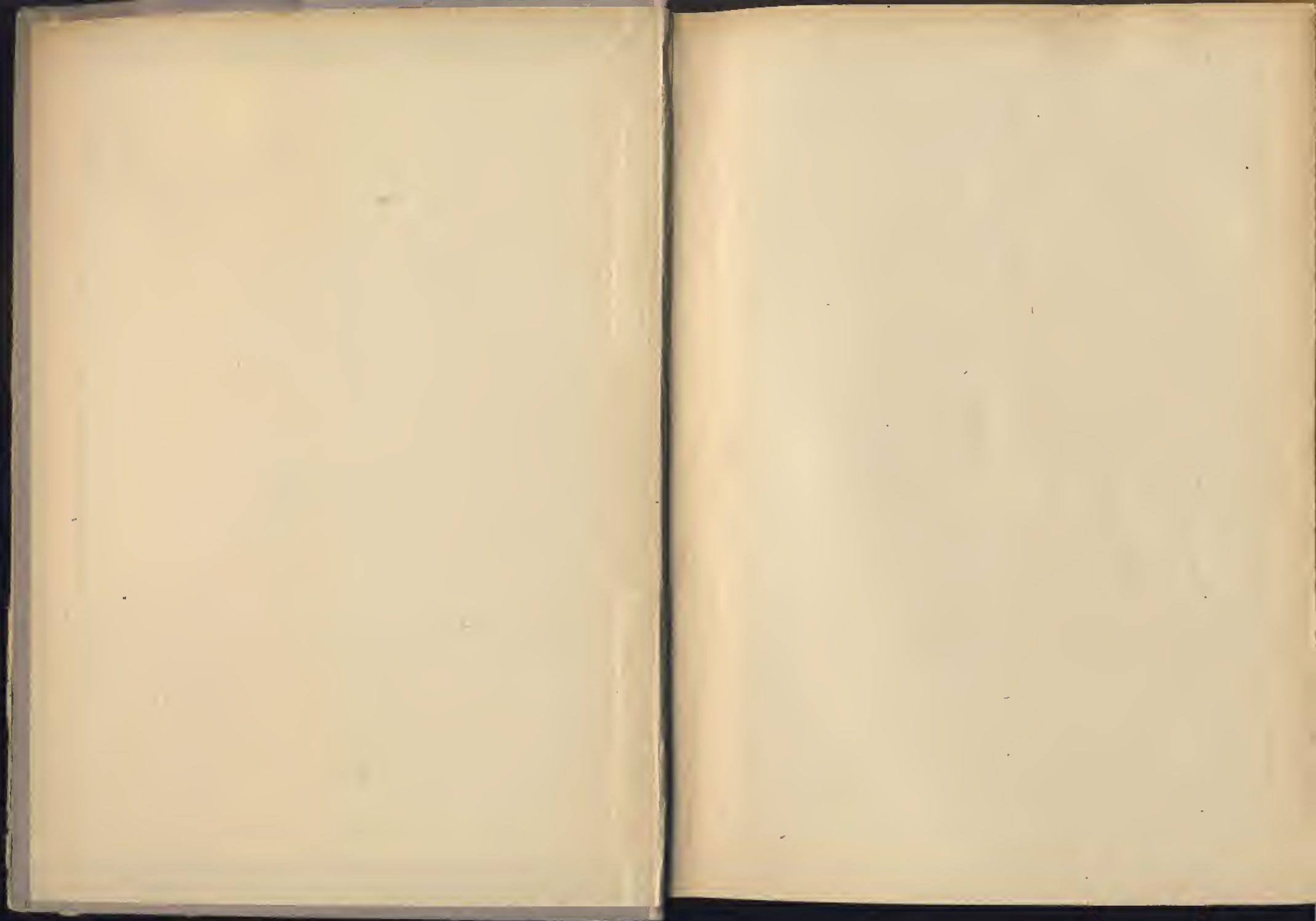
# ALMANAH BOŠKOVIC



1951

HRVATSKO PRIRODOSLOVNO DRUŠTVO

BOŠKOVIC 1951

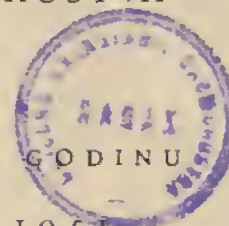


ASTRONOMSKO ASTRONAUT. CKO  
DRUŠTVO  
ZADAR

# BOŠKOVIĆ

ALMANAH

HRVATSKOGA PRIRODOSLOVNOG  
DRUŠTVA



ZA GODINU

1951.

ZAGREB 1951.

„TIPOGRAFIJA“, GRAFIČKO-NAKLADNI ZAVOD  
U ZAGREBU

Štamparija "ZADAR"

1973-74

10. 11. 73



## I. UVOD I KALENDAR



Geografske koordinate zvjezdarnice Hrvatskoga prirodoslovnog društva u Zagrebu (Opatička 22)

Širina  $\varphi = 45^{\circ} 49' 10''$  sjeverno od ekvatora  
Duljina  $\lambda = 15^{\circ} 58' 43''$  istočno od Greenwicha  
= 1h 03m 54.9s

(Ove su koordinate privremene i vrijede za stup durbina od 6")

Geografske koordinate astronomskog paviljona Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (Maksimir)

Širina  $\varphi = 45^{\circ} 49' 32.32''$  sjeverno od ekvatora  
Duljina  $\lambda = 16^{\circ} 01' 16.65''$  istočno od Greenwicha  
= 1h 04m 05.11s

## ASTRONOMSKI ZNACI I POKRATE

### 1. Znac u Sunčevu sustavu

|          |         |           |                   |
|----------|---------|-----------|-------------------|
| $\odot$  | Sunce   | $\♂$      | konjunkcija       |
| $\♁$     | Mjesec  | $\square$ | kvadratura        |
| $\♂$     | Merkur  | $\♂$      | opozicija         |
| $\♀$     | Venera  | $\circ$   | uzlazni čvor      |
| $\oplus$ | Zemlja  | $\circ$   | silazni čvor      |
| $\♂$     | Mars    | $\bullet$ | mlad              |
| $\♃$     | Jupiter | $\circ$   | prva četvrt       |
| $\♄$     | Saturn  | $\oplus$  | uštap             |
| $\♅$     | Uran    | $\♁$      | posljednja četvrt |
| $\♆$     | Neptun  |           |                   |
| PL       | Pluton  |           |                   |

### 2. Znac zodijska

|       |             |                       |      |
|-------|-------------|-----------------------|------|
| I.    | $\varnabla$ | Aries-Ovan            | 0°   |
| II.   | $\♉$        | Taurus-Bik            | 30°  |
| III.  | $\♊$        | Gemini-Blizanci       | 60°  |
| IV.   | $\♋$        | Cancer-Rak            | 90°  |
| V.    | $\♌$        | Leo-Lav               | 120° |
| VI.   | $\♍$        | Virgo-Djevica         | 150° |
| VII.  | $\♎$        | Libra-Vaga            | 180° |
| VIII. | $\♏$        | Scorpius-Škorpion     | 210° |
| IX.   | $\♐$        | Sagittarius-Strijelac | 240° |
| X.    | $\♑$        | Capricornus-Jarac     | 270° |
| XI.   | $\♒$        | Aquarius-Vodenjak     | 300° |
| XII.  | $\♓$        | Pisces-Ribe           | 330° |

## 3. Pokrate

|           |                            |             |
|-----------|----------------------------|-------------|
| d         | dan                        |             |
| h         | sat                        |             |
| m         | minuta                     | vremena     |
| s         | sekunda                    |             |
| SEV       | srednjeevropsko vrijeme    |             |
| svj. vr.  | svjetsko vrijeme (Greenw.) |             |
| °         | stupanj                    |             |
| '         | minuta                     |             |
| "         | sekunda                    | kutne mjere |
| $\varphi$ | geografska širina          |             |
| $\lambda$ | geografska duljina         |             |
| $\alpha$  | rektascenzija              |             |
| $\delta$  | deklinacija                |             |

## PODACI O GODINI 1951

Početak proljeća: 21. III. 51. 11h 26m SEV  
„ ljeta : 22. VI. 51. 6h 25m „  
„ jeseni : 23. IX. 51. 21h 38m „  
„ zime : 22. XII. 51. 17h 01m „

Početak godine 1951. po Besselu (kad je duljina  $\odot = 280^{\circ}$  uključivo abe- raciju) u oznaci 1951'0 jest 1951. Jan. 1'166

# KALENDAR 1951.

U 0<sup>h</sup> SVJETSKOG VREMENA

| Dan u mjesecu   | SIJEČANJ      |               |            |                          | VELJAČA       |               |            |                          | OŽUJAK        |               |            |                          |
|-----------------|---------------|---------------|------------|--------------------------|---------------|---------------|------------|--------------------------|---------------|---------------|------------|--------------------------|
|                 | Dan u sedmici | Dana u godini | Dio godine | Dani julijanskog perioda | Dan u sedmici | Dana u godini | Dio godine | Dani julijanskog perioda | Dan u sedmici | Dana u godini | Dio godine | Dani julijanskog perioda |
| 1 <sup>o</sup>  | Po            | 0             | '000       | 2433                     | Če            | 31            | '085       | 678 <sup>5</sup>         | Če            | 59            | '162       | 706 <sup>5</sup>         |
| 2 <sup>o</sup>  | Ut            | 1             | '003       | 647 <sup>5</sup>         | Po            | 32            | '088       | 679 <sup>5</sup>         | Pe            | 60            | '164       | 707 <sup>5</sup>         |
| 3 <sup>o</sup>  | Sr            | 2             | '005       | 648 <sup>5</sup>         | Su            | 33            | '090       | 680 <sup>5</sup>         | Su            | 61            | '167       | 708 <sup>5</sup>         |
| 4 <sup>o</sup>  | Če            | 3             | '008       | 649 <sup>5</sup>         | Ne            | 34            | '093       | 681 <sup>5</sup>         | Ne            | 62            | '170       | 709 <sup>5</sup>         |
| 5 <sup>o</sup>  | Po            | 4             | '001       | 650 <sup>5</sup>         | Po            | 35            | '096       | 682 <sup>5</sup>         | Po            | 63            | '172       | 710 <sup>5</sup>         |
| 6 <sup>o</sup>  | Su            | 5             | '014       | 651 <sup>5</sup>         | Ut            | 36            | '099       | 683 <sup>5</sup>         | Ut            | 64            | '175       | 711 <sup>5</sup>         |
| 7 <sup>o</sup>  | Ne            | 6             | '016       | 652 <sup>5</sup>         | Sr            | 37            | '101       | 684 <sup>5</sup>         | Sr            | 65            | '188       | 712 <sup>5</sup>         |
| 8 <sup>o</sup>  | Po            | 7             | '019       | 653 <sup>5</sup>         | Če            | 38            | '104       | 685 <sup>5</sup>         | Če            | 66            | '181       | 713 <sup>5</sup>         |
| 9 <sup>o</sup>  | Ut            | 8             | '022       | 654 <sup>5</sup>         | Pe            | 39            | '107       | 686 <sup>5</sup>         | Pe            | 67            | '183       | 714 <sup>5</sup>         |
| 10 <sup>o</sup> | Sr            | 9             | '025       | 655 <sup>5</sup>         | Su            | 40            | '110       | 687 <sup>5</sup>         | Su            | 68            | '186       | 715 <sup>5</sup>         |
| 11 <sup>o</sup> | Če            | 10            | '027       | 656 <sup>5</sup>         | Ne            | 41            | '112       | 688 <sup>5</sup>         | Ne            | 69            | '189       | 716 <sup>5</sup>         |
| 12 <sup>o</sup> | Po            | 11            | '030       | 657 <sup>5</sup>         | Po            | 42            | '115       | 689 <sup>5</sup>         | Po            | 70            | '192       | 717 <sup>5</sup>         |
| 13 <sup>o</sup> | Su            | 12            | '033       | 658 <sup>5</sup>         | Ut            | 43            | '118       | 690 <sup>5</sup>         | Ut            | 71            | '194       | 718 <sup>5</sup>         |
| 14 <sup>o</sup> | Ne            | 13            | '036       | 659 <sup>5</sup>         | Sr            | 44            | '120       | 691 <sup>5</sup>         | Sr            | 72            | '197       | 719 <sup>5</sup>         |
| 15 <sup>o</sup> | Po            | 14            | '038       | 660 <sup>5</sup>         | Če            | 45            | '123       | 692 <sup>5</sup>         | Če            | 73            | '200       | 720 <sup>5</sup>         |
| 16 <sup>o</sup> | Ut            | 15            | '041       | 661 <sup>5</sup>         | Pe            | 46            | '126       | 693 <sup>5</sup>         | Pe            | 74            | '203       | 721 <sup>5</sup>         |
| 17 <sup>o</sup> | Sr            | 16            | '044       | 662 <sup>5</sup>         | Su            | 47            | '129       | 694 <sup>5</sup>         | Su            | 75            | '205       | 722 <sup>5</sup>         |
| 18 <sup>o</sup> | Če            | 17            | '047       | 663 <sup>5</sup>         | Ne            | 48            | '131       | 695 <sup>5</sup>         | Ne            | 76            | '208       | 723 <sup>5</sup>         |
| 19 <sup>o</sup> | Po            | 18            | '049       | 664 <sup>5</sup>         | Po            | 49            | '134       | 696 <sup>5</sup>         | Po            | 77            | '211       | 724 <sup>5</sup>         |
| 20 <sup>o</sup> | Su            | 19            | '052       | 665 <sup>5</sup>         | Ut            | 50            | '137       | 697 <sup>5</sup>         | Ut            | 78            | '214       | 725 <sup>5</sup>         |
| 21 <sup>o</sup> | Ne            | 20            | '053       | 666 <sup>5</sup>         | Sr            | 51            | '140       | 698 <sup>5</sup>         | Sr            | 79            | '216       | 726 <sup>5</sup>         |
| 22 <sup>o</sup> | Po            | 21            | '057       | 667 <sup>5</sup>         | Če            | 52            | '142       | 699 <sup>5</sup>         | Če            | 80            | '219       | 727 <sup>5</sup>         |
| 23 <sup>o</sup> | Ut            | 22            | '060       | 668 <sup>5</sup>         | Po            | 53            | '145       | 700 <sup>5</sup>         | Pe            | 81            | '222       | 728 <sup>5</sup>         |
| 24 <sup>o</sup> | Sr            | 23            | '063       | 669 <sup>5</sup>         | Su            | 54            | '148       | 701 <sup>5</sup>         | Su            | 82            | '225       | 729 <sup>5</sup>         |
| 25 <sup>o</sup> | Če            | 24            | '066       | 670 <sup>5</sup>         | Ne            | 55            | '151       | 702 <sup>5</sup>         | Ne            | 83            | '227       | 730 <sup>5</sup>         |
| 26 <sup>o</sup> | Po            | 25            | '068       | 671 <sup>5</sup>         | Po            | 56            | '153       | 703 <sup>5</sup>         | Po            | 84            | '230       | 731 <sup>5</sup>         |
| 27 <sup>o</sup> | Su            | 26            | '071       | 672 <sup>5</sup>         | Ut            | 57            | '154       | 704 <sup>5</sup>         | Ut            | 85            | '233       | 732 <sup>5</sup>         |
| 28 <sup>o</sup> | Ne            | 27            | '074       | 673 <sup>5</sup>         | Sr            | 58            | '159       | 705 <sup>5</sup>         | Sr            | 86            | '235       | 733 <sup>5</sup>         |
| 29 <sup>o</sup> | Po            | 28            | '077       | 674 <sup>5</sup>         |               |               |            |                          | Če            | 87            | '238       | 734 <sup>5</sup>         |
| 30 <sup>o</sup> | Ut            | 29            | '079       | 675 <sup>5</sup>         |               |               |            |                          | Pe            | 88            | '241       | 735 <sup>5</sup>         |
| 31 <sup>o</sup> | Sr            | 30            | '082       | 676 <sup>5</sup>         |               |               |            |                          | Su            | 89            | '244       | 736 <sup>5</sup>         |

# KALENDAR 1951.

U 0<sup>h</sup> SVJETSKOG VREMENA

| Dan u mjesecu   | TRAVANJ       |               |            |                          | SVIBANJ       |               |            |                          | LIPANJ        |               |            |                          |
|-----------------|---------------|---------------|------------|--------------------------|---------------|---------------|------------|--------------------------|---------------|---------------|------------|--------------------------|
|                 | Dan u sedmici | Dana u godini | Dio godine | Dani julijanskog perioda | Dan u sedmici | Dana u godini | Dio godine | Dani julijanskog perioda | Dan u sedmici | Dana u godini | Dio godine | Dani julijanskog perioda |
| 1 <sup>o</sup>  | Ne            | 90            | '246       | 2433                     | Ut            | 120           | '329       | 767 <sup>5</sup>         | Po            | 151           | '413       | 798 <sup>5</sup>         |
| 2 <sup>o</sup>  | Po            | 91            | '249       | 737 <sup>5</sup>         | Sr            | 121           | '331       | 768 <sup>5</sup>         | Su            | 152           | '416       | 799 <sup>5</sup>         |
| 3 <sup>o</sup>  | Ut            | 92            | '252       | 738 <sup>5</sup>         | Če            | 122           | '334       | 769 <sup>5</sup>         | Ne            | 153           | '419       | 800 <sup>5</sup>         |
| 4 <sup>o</sup>  | Sr            | 93            | '255       | 739 <sup>5</sup>         | Pe            | 123           | '337       | 770 <sup>5</sup>         | Po            | 154           | '422       | 801 <sup>5</sup>         |
| 5 <sup>o</sup>  | Če            | 94            | '257       | 740 <sup>5</sup>         | Su            | 124           | '340       | 771 <sup>5</sup>         | Ut            | 155           | '424       | 802 <sup>5</sup>         |
| 6 <sup>o</sup>  | Pe            | 95            | '260       | 741 <sup>5</sup>         | Ne            | 125           | '342       | 772 <sup>5</sup>         | Sr            | 156           | '427       | 803 <sup>5</sup>         |
| 7 <sup>o</sup>  | Su            | 96            | '263       | 742 <sup>5</sup>         | Po            | 126           | '345       | 773 <sup>5</sup>         | Če            | 157           | '430       | 804 <sup>5</sup>         |
| 8 <sup>o</sup>  | Ne            | 97            | '266       | 743 <sup>5</sup>         | Ut            | 127           | '348       | 774 <sup>5</sup>         | Pe            | 158           | '433       | 805 <sup>5</sup>         |
| 9 <sup>o</sup>  | Po            | 98            | '268       | 744 <sup>5</sup>         | Sr            | 128           | '350       | 775 <sup>5</sup>         | Su            | 159           | '435       | 806 <sup>5</sup>         |
| 10 <sup>o</sup> | Ut            | 99            | '271       | 745 <sup>5</sup>         | Če            | 129           | '353       | 776 <sup>5</sup>         | Ne            | 160           | '438       | 807 <sup>5</sup>         |
| 11 <sup>o</sup> | Sr            | 100           | '274       | 746 <sup>5</sup>         | Po            | 130           | '356       | 777 <sup>5</sup>         | Po            | 161           | '441       | 808 <sup>5</sup>         |
| 12 <sup>o</sup> | Če            | 101           | '277       | 747 <sup>5</sup>         | Su            | 131           | '359       | 778 <sup>5</sup>         | Ut            | 162           | '444       | 809 <sup>5</sup>         |
| 13 <sup>o</sup> | Pe            | 102           | '279       | 748 <sup>5</sup>         | Ne            | 132           | '361       | 779 <sup>5</sup>         | Sr            | 163           | '446       | 810 <sup>5</sup>         |
| 14 <sup>o</sup> | Su            | 103           | '282       | 749 <sup>5</sup>         | Po            | 133           | '364       | 780 <sup>5</sup>         | Če            | 164           | '449       | 811 <sup>5</sup>         |
| 15 <sup>o</sup> | Ne            | 104           | '285       | 750 <sup>5</sup>         | Ut            | 134           | '367       | 781 <sup>5</sup>         | Po            | 165           | '452       | 812 <sup>5</sup>         |
| 16 <sup>o</sup> | Po            | 105           | '287       | 751 <sup>5</sup>         | Sr            | 135           | '370       | 782 <sup>5</sup>         | Su            | 166           | '454       | 813 <sup>5</sup>         |
| 17 <sup>o</sup> | Ut            | 106           | '290       | 752 <sup>5</sup>         | Če            | 136           | '372       | 783 <sup>5</sup>         | Ne            | 167           | '457       | 814 <sup>5</sup>         |
| 18 <sup>o</sup> | Sr            | 107           | '293       | 753 <sup>5</sup>         | Pe            | 137           | '375       | 784 <sup>5</sup>         | Po            | 168           | '460       | 815 <sup>5</sup>         |
| 19 <sup>o</sup> | Če            | 108           | '296       | 754 <sup>5</sup>         | Su            | 138           | '378       | 785 <sup>5</sup>         | Ut            | 169           | '463       | 816 <sup>5</sup>         |
| 20 <sup>o</sup> | Pe            | 109           | '298       | 755 <sup>5</sup>         | Ne            | 139           | '381       | 786 <sup>5</sup>         | Sr            | 170           | '465       | 817 <sup>5</sup>         |
| 21 <sup>o</sup> | Su            | 110           | '301       | 756 <sup>5</sup>         | Po            | 140           | '383       | 787 <sup>5</sup>         | Če            | 171           | '468       | 818 <sup>5</sup>         |
| 22 <sup>o</sup> | Ne            | 111           | '304       | 757 <sup>5</sup>         | Ut            | 141           | '386       | 788 <sup>5</sup>         | Po            | 172           | '471       | 819 <sup>5</sup>         |
| 23 <sup>o</sup> | Po            | 112           | '307       | 758 <sup>5</sup>         | Sr            | 142           | '389       | 789 <sup>5</sup>         | Su            | 173           | '474       | 820 <sup>5</sup>         |
| 24 <sup>o</sup> | Ut            | 113           | '309       | 759 <sup>5</sup>         | Če            | 143           | '392       | 790 <sup>5</sup>         | Ne            | 174           | '476       | 821 <sup>5</sup>         |
| 25 <sup>o</sup> | Sr            | 114           | '302       | 760 <sup>5</sup>         | Po            | 144           | '394       | 791 <sup>5</sup>         | Po            | 175           | '479       | 822 <sup>5</sup>         |
| 26 <sup>o</sup> | Če            | 115           | '315       | 761 <sup>5</sup>         | Su            | 145           | '397       | 792 <sup>5</sup>         | Ut            | 176           | '482       | 823 <sup>5</sup>         |
| 27 <sup>o</sup> | Pe            | 116           | '318       | 762 <sup>5</sup>         | Ne            | 146           | '400       | 793 <sup>5</sup>         | Sr            | 177           | '485       | 824 <sup>5</sup>         |
| 28 <sup>o</sup> | Su            | 117           | '320       | 763 <sup>5</sup>         | Po            | 147           | '402       | 794 <sup>5</sup>         | Če            | 178           | '487       | 825 <sup>5</sup>         |
| 29 <sup>o</sup> | Ne            | 118           | '323       | 764 <sup>5</sup>         | Ut            | 148           | '405       | 795 <sup>5</sup>         | Pe            | 179           | '490       | 826 <sup>5</sup>         |
| 30 <sup>o</sup> | Po            | 119           | '326       | 765 <sup>5</sup>         | Sr            | 149           | '408       | 796 <sup>5</sup>         | Su            | 180           | '493       | 827 <sup>5</sup>         |
| 31 <sup>o</sup> |               |               |            | 766 <sup>5</sup>         | Če            | 150           | '411       | 797 <sup>5</sup>         |               |               |            |                          |



# KALENDAR 1951.

## U 0<sup>h</sup> SVJETSKOG VREMENA

| Dan u mjesecu   | SRPANJ        |              |            |                          | KOLOVOZ       |              |            |                          | RUJAN         |              |            |                          |
|-----------------|---------------|--------------|------------|--------------------------|---------------|--------------|------------|--------------------------|---------------|--------------|------------|--------------------------|
|                 | Dan u sedmici | Dan u godini | Dio godine | Dani julijanskog perioda | Dan u sedmici | Dan u godini | Dio godine | Dani julijanskog perioda | Dan u sedmici | Dan u godini | Dio godine | Dani julijanskog perioda |
| 1 <sup>o</sup>  | Ne            | 181          | *496       | 828 <sup>5</sup>         | Sr            | 212          | *588       | 859 <sup>5</sup>         | Su            | 243          | *665       | 890 <sup>5</sup>         |
| 1 <sup>o</sup>  | Po            | 182          | *498       | 829 <sup>5</sup>         | Če            | 213          | *583       | 860 <sup>5</sup>         | Ne            | 244          | *668       | 891 <sup>5</sup>         |
| 3 <sup>o</sup>  | Ut            | 183          | *501       | 830 <sup>5</sup>         | Pe            | 214          | *586       | 861 <sup>5</sup>         | Po            | 245          | *671       | 892 <sup>5</sup>         |
| 4 <sup>o</sup>  | Sr            | 184          | *504       | 831 <sup>5</sup>         | Su            | 215          | *589       | 862 <sup>5</sup>         | Ut            | 246          | *674       | 893 <sup>5</sup>         |
| 5 <sup>o</sup>  | Če            | 185          | *507       | 832 <sup>5</sup>         | Ne            | 216          | *591       | 863 <sup>5</sup>         | Sr            | 247          | *676       | 894 <sup>5</sup>         |
| 6 <sup>o</sup>  | Pe            | 186          | *509       | 833 <sup>5</sup>         | Po            | 217          | *594       | 864 <sup>5</sup>         | Če            | 248          | *679       | 895 <sup>5</sup>         |
| 7 <sup>o</sup>  | Su            | 187          | *512       | 834 <sup>5</sup>         | Ut            | 218          | *597       | 865 <sup>5</sup>         | Pe            | 249          | *682       | 896 <sup>5</sup>         |
| 8 <sup>o</sup>  | Ne            | 188          | *515       | 835 <sup>5</sup>         | Sr            | 219          | *500       | 866 <sup>5</sup>         | Su            | 250          | *684       | 897 <sup>5</sup>         |
| 9 <sup>o</sup>  | Po            | 189          | *517       | 836 <sup>5</sup>         | Če            | 220          | *602       | 867 <sup>5</sup>         | Ne            | 251          | *687       | 898 <sup>5</sup>         |
| 10 <sup>o</sup> | Ut            | 190          | *520       | 837 <sup>5</sup>         | Pe            | 221          | *605       | 868 <sup>5</sup>         | Po            | 252          | *690       | 899 <sup>5</sup>         |
| 11 <sup>o</sup> | Sr            | 191          | *523       | 838 <sup>5</sup>         | Su            | 222          | *608       | 869 <sup>5</sup>         | Ut            | 253          | *693       | 900 <sup>5</sup>         |
| 12 <sup>o</sup> | Če            | 192          | *526       | 839 <sup>5</sup>         | Ne            | 223          | *611       | 870 <sup>5</sup>         | Sr            | 254          | *695       | 901 <sup>5</sup>         |
| 13 <sup>o</sup> | Pe            | 193          | *528       | 840 <sup>5</sup>         | Po            | 224          | *613       | 871 <sup>5</sup>         | Če            | 255          | *698       | 902 <sup>5</sup>         |
| 14 <sup>o</sup> | Su            | 194          | *531       | 841 <sup>5</sup>         | Ut            | 225          | *616       | 872 <sup>5</sup>         | Pe            | 256          | *701       | 903 <sup>5</sup>         |
| 15 <sup>o</sup> | Ne            | 195          | *534       | 842 <sup>5</sup>         | Sr            | 226          | *619       | 873 <sup>5</sup>         | Su            | 257          | *704       | 904 <sup>5</sup>         |
| 16 <sup>o</sup> | Po            | 196          | *537       | 843 <sup>5</sup>         | Če            | 227          | *622       | 874 <sup>5</sup>         | Ne            | 258          | *706       | 905 <sup>5</sup>         |
| 17 <sup>o</sup> | Ut            | 197          | *539       | 844 <sup>5</sup>         | Pe            | 228          | *624       | 875 <sup>5</sup>         | Po            | 279          | *709       | 906 <sup>5</sup>         |
| 18 <sup>o</sup> | Sr            | 198          | *542       | 845 <sup>5</sup>         | Su            | 229          | *627       | 876 <sup>5</sup>         | Ut            | 260          | *712       | 907 <sup>5</sup>         |
| 19 <sup>o</sup> | Če            | 199          | *545       | 846 <sup>5</sup>         | Ne            | 230          | *630       | 877 <sup>5</sup>         | Sr            | 261          | *715       | 908 <sup>5</sup>         |
| 20 <sup>o</sup> | Pe            | 200          | *548       | 847 <sup>5</sup>         | Po            | 231          | *632       | 878 <sup>5</sup>         | Če            | 262          | *717       | 909 <sup>5</sup>         |
| 21 <sup>o</sup> | Su            | 201          | *550       | 848 <sup>5</sup>         | Ut            | 232          | *635       | 879 <sup>5</sup>         | Pe            | 263          | *720       | 910 <sup>5</sup>         |
| 22 <sup>o</sup> | Ne            | 202          | *553       | 849 <sup>5</sup>         | Sr            | 233          | *638       | 880 <sup>5</sup>         | Su            | 264          | *723       | 911 <sup>5</sup>         |
| 23 <sup>o</sup> | Po            | 203          | *556       | 850 <sup>5</sup>         | Če            | 234          | *641       | 881 <sup>5</sup>         | Ne            | 265          | *726       | 912 <sup>5</sup>         |
| 24 <sup>o</sup> | Ut            | 204          | *559       | 851 <sup>5</sup>         | Pe            | 235          | *643       | 882 <sup>5</sup>         | Po            | 266          | *728       | 913 <sup>5</sup>         |
| 25 <sup>o</sup> | Sr            | 205          | *561       | 852 <sup>5</sup>         | Su            | 236          | *646       | 883 <sup>5</sup>         | Ut            | 267          | *731       | 914 <sup>5</sup>         |
| 26 <sup>o</sup> | Če            | 206          | *564       | 853 <sup>5</sup>         | Ne            | 237          | *649       | 884 <sup>5</sup>         | Sr            | 268          | *734       | 915 <sup>5</sup>         |
| 27 <sup>o</sup> | Pe            | 207          | *567       | 854 <sup>5</sup>         | Po            | 238          | *652       | 885 <sup>5</sup>         | Če            | 269          | *736       | 916 <sup>5</sup>         |
| 28 <sup>o</sup> | Su            | 208          | *569       | 855 <sup>5</sup>         | Ut            | 239          | *654       | 886 <sup>5</sup>         | Pe            | 270          | *739       | 917 <sup>5</sup>         |
| 29 <sup>o</sup> | Ne            | 209          | *572       | 856 <sup>5</sup>         | Sr            | 240          | *657       | 887 <sup>5</sup>         | Su            | 271          | *742       | 918 <sup>5</sup>         |
| 30 <sup>o</sup> | Po            | 210          | *575       | 857 <sup>5</sup>         | Če            | 241          | *660       | 888 <sup>5</sup>         | Ne            | 272          | *745       | 919 <sup>5</sup>         |
| 31 <sup>o</sup> | Ut            | 211          | *578       | 858 <sup>5</sup>         | Po            | 242          | *663       | 889 <sup>5</sup>         |               |              |            |                          |

# KALENDAR 1951.

## U 0<sup>h</sup> SVJETSKOG VREMENA

| Dan u mjesecu   | LISTOPAD      |              |            |                          | STUDENI       |              |            |                          | PROSINAC      |              |            |                          |
|-----------------|---------------|--------------|------------|--------------------------|---------------|--------------|------------|--------------------------|---------------|--------------|------------|--------------------------|
|                 | Dan u sedmici | Dan u godini | Dio godine | Dani julijanskog perioda | Dan u sedmici | Dan u godini | Dio godine | Dani julijanskog perioda | Dan u sedmici | Dan u godini | Dio godine | Dani julijanskog perioda |
| 1 <sup>o</sup>  | Po            | 273          | *747       | 920 <sup>5</sup>         | Če            | 304          | *832       | 951 <sup>5</sup>         | Su            | 334          | *914       | 981 <sup>5</sup>         |
| 2 <sup>o</sup>  | Ut            | 274          | *750       | 921 <sup>5</sup>         | Pe            | 305          | *835       | 952 <sup>5</sup>         | Ne            | 335          | *917       | 982 <sup>5</sup>         |
| 3 <sup>o</sup>  | Sr            | 275          | *753       | 922 <sup>5</sup>         | Su            | 306          | *838       | 953 <sup>5</sup>         | Po            | 336          | *920       | 983 <sup>5</sup>         |
| 4 <sup>o</sup>  | Če            | 276          | *756       | 923 <sup>5</sup>         | Ne            | 307          | *841       | 954 <sup>5</sup>         | Ut            | 337          | *923       | 984 <sup>5</sup>         |
| 5 <sup>o</sup>  | Pe            | 277          | *758       | 924 <sup>5</sup>         | Po            | 308          | *843       | 955 <sup>5</sup>         | Sr            | 338          | *925       | 985 <sup>5</sup>         |
| 6 <sup>o</sup>  | Su            | 278          | *761       | 925 <sup>5</sup>         | Ut            | 309          | *846       | 956 <sup>5</sup>         | Če            | 339          | *928       | 986 <sup>5</sup>         |
| 7 <sup>o</sup>  | Ne            | 279          | *764       | 926 <sup>5</sup>         | Sr            | 310          | *849       | 957 <sup>5</sup>         | Pe            | 340          | *931       | 987 <sup>5</sup>         |
| 8 <sup>o</sup>  | Po            | 280          | *767       | 927 <sup>5</sup>         | Če            | 311          | *851       | 958 <sup>5</sup>         | Su            | 341          | *934       | 988 <sup>5</sup>         |
| 9 <sup>o</sup>  | Ut            | 281          | *769       | 928 <sup>5</sup>         | Pe            | 312          | *854       | 959 <sup>5</sup>         | Ne            | 342          | *936       | 989 <sup>5</sup>         |
| 10 <sup>o</sup> | Sr            | 282          | *772       | 929 <sup>5</sup>         | Su            | 313          | *857       | 960 <sup>5</sup>         | Po            | 343          | *939       | 990 <sup>5</sup>         |
| 11 <sup>o</sup> | Če            | 283          | *775       | 930 <sup>5</sup>         | Ne            | 314          | *860       | 961 <sup>5</sup>         | Ut            | 344          | *942       | 991 <sup>5</sup>         |
| 12 <sup>o</sup> | Pe            | 284          | *778       | 931 <sup>5</sup>         | Po            | 315          | *862       | 962 <sup>5</sup>         | Sr            | 345          | *945       | 992 <sup>5</sup>         |
| 13 <sup>o</sup> | Su            | 285          | *780       | 932 <sup>5</sup>         | Ut            | 316          | *865       | 963 <sup>5</sup>         | Če            | 346          | *947       | 993 <sup>5</sup>         |
| 14 <sup>o</sup> | Ne            | 286          | *783       | 933 <sup>5</sup>         | Sr            | 317          | *868       | 965 <sup>5</sup>         | Pe            | 347          | *950       | 994 <sup>5</sup>         |
| 15 <sup>o</sup> | Po            | 287          | *786       | 934 <sup>5</sup>         | Če            | 318          | *871       | 965 <sup>5</sup>         | Su            | 348          | *953       | 995 <sup>5</sup>         |
| 16 <sup>o</sup> | Ut            | 288          | *789       | 935 <sup>5</sup>         | Pe            | 319          | *873       | 966 <sup>5</sup>         | Ne            | 349          | *956       | 996 <sup>5</sup>         |
| 17 <sup>o</sup> | Sr            | 289          | *791       | 936 <sup>5</sup>         | Su            | 320          | *876       | 967 <sup>5</sup>         | Po            | 350          | *958       | 997 <sup>5</sup>         |
| 18 <sup>o</sup> | Če            | 290          | *794       | 937 <sup>5</sup>         | Ne            | 321          | *879       | 968 <sup>5</sup>         | Ut            | 351          | *961       | 998 <sup>5</sup>         |
| 19 <sup>o</sup> | Pe            | 291          | *797       | 938 <sup>5</sup>         | Po            | 322          | *882       | 969 <sup>5</sup>         | Sr            | 352          | *964       | 999 <sup>5</sup>         |
| 20 <sup>o</sup> | Su            | 292          | *799       | 939 <sup>5</sup>         | Ut            | 323          | *884       | 970 <sup>5</sup>         | Če            | 353          | *966       | *000 <sup>5</sup>        |
| 21 <sup>o</sup> | Ne            | 293          | *802       | 940 <sup>5</sup>         | Sr            | 324          | *887       | 971 <sup>5</sup>         | Pe            | 354          | *969       | *001 <sup>5</sup>        |
| 22 <sup>o</sup> | Po            | 294          | *805       | 941 <sup>5</sup>         | Če            | 325          | *890       | 972 <sup>5</sup>         | Su            | 355          | *971       | *002 <sup>5</sup>        |
| 23 <sup>o</sup> | Ut            | 295          | *808       | 942 <sup>5</sup>         | Pe            | 326          | *893       | 973 <sup>5</sup>         | Ne            | 356          | *975       | *003 <sup>5</sup>        |
| 24 <sup>o</sup> | Sr            | 296          | *810       | 943 <sup>5</sup>         | Su            | 327          | *895       | 974 <sup>5</sup>         | Po            | 357          | *977       | *004 <sup>5</sup>        |
| 25 <sup>o</sup> | Če            | 297          | *813       | 944 <sup>5</sup>         | Ne            | 328          | *898       | 975 <sup>5</sup>         | Ut            | 358          | *980       | *005 <sup>5</sup>        |
| 26 <sup>o</sup> | Pe            | 298          | *816       | 945 <sup>5</sup>         | Po            | 329          | *901       | 976 <sup>5</sup>         | Sr            | 359          | *983       | *006 <sup>5</sup>        |
| 27 <sup>o</sup> | Su            | 299          | *819       | 946 <sup>5</sup>         | Ut            | 330          | *904       | 977 <sup>5</sup>         | Če            | 360          | *986       | *007 <sup>5</sup>        |
| 28 <sup>o</sup> | Ne            | 300          | *821       | 947 <sup>5</sup>         | Sr            | 331          | *906       | 978 <sup>5</sup>         | Po            | 361          | *988       | *008 <sup>5</sup>        |
| 29 <sup>o</sup> | Po            | 301          | *824       | 948 <sup>5</sup>         | Če            | 332          | *909       | 979 <sup>5</sup>         | Su            | 362          | *991       | *009 <sup>5</sup>        |
| 30 <sup>o</sup> | Ut            | 302          | *828       | 949 <sup>5</sup>         | Pe            | 333          | *912       | 980 <sup>5</sup>         | Ne            | 363          | *994       | *010 <sup>5</sup>        |
| 31 <sup>o</sup> | Sr            | 303          | *830       | 950 <sup>5</sup>         |               |              |            |                          | Po            | 364          | *997       | *011 <sup>5</sup>        |

## KALENDAR

U kalendaru su navedeni slijedeći podaci za trenutak 0<sup>h</sup> sati svjetskog vremena: u prvom stupcu datum, u drugom dan u sedmici, u trećem stupcu broj proteklih dana od početka godine, zatim u četvrtom stupcu vrijeme proteklo od početka godine izraženo ne u danima, već u dijelovima godine kao jedinice. U zadnjem stupcu navedeni su za svaki dan Julijanski dani (oznaka J. D.). Broj Julijanskih dana znači broj dana proteklih od podneva dne 1. siječnja 4713. godine prije naše ere, do određenog datuma, koji se traži. Budući da je u ponoć proteklo upravo pola dana od podneva, završavaju svi J. D. sa ,5. Kod brojaka u prosincu, označenih sa \* treba dodati naprijed 2434 a ne 2433 kako je gore označeno. Tako je 14. prosinca 2433994,5, a 24. prosinca 2434004,5 dan julijanskog perioda.

## II. EFEMERIDE SUNČEVA SUŠTAVA



# SIJEČANJ 1951.

| Oh SVJETSKOG VREMENA |               |    |      |             |    |    |                  |  |                                     |       |       |
|----------------------|---------------|----|------|-------------|----|----|------------------|--|-------------------------------------|-------|-------|
| Datum                | SUNCE         |    |      |             |    |    | Zvezdano vrijeme | Jednazična vrijeme pravo vrijeme minus srednje | Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV) |       |       |
|                      | Rektascenzija |    |      | Deklinacija |    |    |                  |  | Duljina                             | Izlaz | Zalaz |
|                      | h             | m  | s    | °           | '  | "  |                  |  |                                     |       |       |
| 1                    | 18            | 42 | 26.8 | — 23        | 05 | 22 | 279 44.6         | 6 39 21.0                                      | — 3 05.8                            | 7 38  | 16 20 |
| 2                    | 18            | 46 | 51.9 | 23          | 00 | 40 | 280 45.8         | 6 43 17.5                                      | 3 34.3                              | 7 39  | 16 21 |
| 3                    | 18            | 51 | 16.7 | 22          | 55 | 29 | 281 47.0         | 6 47 14.1                                      | 4 02.6                              | 7 39  | 16 22 |
| 4                    | 18            | 55 | 41.1 | 22          | 49 | 52 | 282 48.1         | 6 51 10.7                                      | 4 30.5                              | 7 39  | 16 23 |
| 5                    | 19            | 00 | 05.1 | 22          | 43 | 47 | 283 49.3         | 6 55 07.2                                      | 4 58.0                              | 7 38  | 16 24 |
| 6                    | 19            | 04 | 28.9 | — 22        | 37 | 15 | 284 50.5         | 6 59 03.8                                      | — 5 25.1                            | 7 38  | 16 25 |
| 7                    | 19            | 08 | 52.2 | 22          | 30 | 16 | 285 51.7         | 7 03 00.4                                      | 5 51.8                              | 7 38  | 16 26 |
| 8                    | 19            | 13 | 15.0 | 22          | 22 | 50 | 286 52.8         | 7 06 56.9                                      | 6 18.1                              | 7 38  | 16 27 |
| 9                    | 19            | 17 | 37.3 | 22          | 14 | 58 | 287 54.0         | 7 10 53.5                                      | 6 43.8                              | 7 38  | 16 28 |
| 10                   | 19            | 21 | 59.2 | 22          | 06 | 40 | 288 55.2         | 7 14 50.0                                      | 7 09.1                              | 7 38  | 16 30 |
| 11                   | 19            | 26 | 20.3 | — 21        | 57 | 55 | 289 56.3         | 7 18 46.6                                      | — 7 33.7                            | 7 37  | 16 31 |
| 12                   | 19            | 30 | 41.0 | 21          | 48 | 45 | 290 57.5         | 7 22 43.2                                      | 7 57.8                              | 7 37  | 16 32 |
| 13                   | 19            | 35 | 01.0 | 21          | 39 | 10 | 291 58.6         | 7 26 39.7                                      | 8 21.3                              | 7 36  | 16 33 |
| 14                   | 19            | 39 | 20.4 | 21          | 29 | 09 | 292 59.8         | 7 30 36.3                                      | 8 44.2                              | 7 36  | 16 34 |
| 15                   | 19            | 43 | 39.2 | 21          | 18 | 43 | 294 00.9         | 7 34 32.8                                      | 9 06.3                              | 7 36  | 16 35 |
| 16                   | 19            | 47 | 57.2 | — 21        | 07 | 53 | 295 02.0         | 7 38 29.4                                      | — 9 27.9                            | 7 35  | 16 37 |
| 17                   | 19            | 52 | 14.6 | 20          | 56 | 39 | 296 03.1         | 7 42 25.9                                      | 9 48.7                              | 7 34  | 16 38 |
| 18                   | 19            | 56 | 31.3 | 20          | 45 | 01 | 297 04.2         | 7 46 22.5                                      | 10 08.8                             | 7 33  | 16 40 |
| 19                   | 20            | 00 | 47.2 | 20          | 33 | 00 | 298 05.2         | 7 50 19.0                                      | 10 28.2                             | 7 32  | 16 41 |
| 20                   | 20            | 05 | 02.5 | 20          | 20 | 35 | 299 06.3         | 7 54 15.6                                      | 10 46.9                             | 7 31  | 16 43 |
| 21                   | 20            | 09 | 17.0 | — 20        | 07 | 47 | 300 07.3         | 7 58 12.2                                      | — 11 04.8                           | 7 31  | 16 44 |
| 22                   | 20            | 13 | 30.7 | 19          | 54 | 36 | 301 08.4         | 8 02 08.7                                      | 11 22.0                             | 7 30  | 16 45 |
| 23                   | 20            | 17 | 43.6 | 19          | 41 | 04 | 302 09.4         | 8 06 05.3                                      | 11 38.4                             | 7 29  | 16 47 |
| 24                   | 20            | 21 | 55.8 | 19          | 27 | 09 | 303 10.4         | 8 10 01.8                                      | 11 54.0                             | 7 28  | 16 48 |
| 25                   | 20            | 26 | 07.2 | 19          | 12 | 53 | 304 11.4         | 8 13 58.4                                      | 12 08.8                             | 7 27  | 16 50 |
| 26                   | 20            | 30 | 17.8 | — 18        | 58 | 16 | 305 12.4         | 8 17 55.0                                      | — 12 22.9                           | 7 27  | 16 51 |
| 27                   | 20            | 34 | 27.7 | 18          | 43 | 18 | 306 13.3         | 8 21 51.5                                      | 12 36.2                             | 7 26  | 16 52 |
| 28                   | 20            | 38 | 36.7 | 18          | 28 | 00 | 307 14.3         | 8 25 48.1                                      | 12 48.6                             | 7 25  | 16 54 |
| 29                   | 20            | 42 | 45.0 | 18          | 12 | 21 | 308 15.3         | 8 29 44.6                                      | 13 00.3                             | 7 24  | 16 55 |
| 30                   | 20            | 46 | 52.4 | 17          | 56 | 23 | 309 16.2         | 8 33 41.2                                      | 13 11.2                             | 7 23  | 16 57 |
| 31                   | 20            | 50 | 59.1 | — 17        | 40 | 05 | 310 17.1         | 8 37 37.7                                      | — 13 21.3                           | 7 21  | 16 58 |

|      | Horizontalna paralaksa | Daljina od Zemlje | Polumjer | Precesija u duljini | Nutacija u duljini | Aberacija |
|------|------------------------|-------------------|----------|---------------------|--------------------|-----------|
| Jan. | "                      | "                 | "        | "                   | "                  | "         |
| 1.   | 8.95                   | 0.98330           | 16 17.5  | — 0.02              | + 2.54             | 20.82     |
| 11.  | 8.95                   | 0.98345           | 16 17.3  | + 1.35              | + 3.12             | 20.81     |
| 21.  | 8.94                   | 0.98403           | 16 16.8  | 2.73                | + 3.58             | 20.80     |
| 31.  | 8.93                   | 0.98519           | 16 15.6  | 4.11                | + 3.91             | 20.78     |

# JANUAR 1951.

| MJESEC               |                 |       |                          |                        |                     |                               | PLANETI              |                        |                   |          |                          |  |
|----------------------|-----------------|-------|--------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------|----------|--------------------------|--|
| Datum                | U Zagrebu (SEV) |       | Kulminacija u Greenwichu | Promjena za 1h duljine | Starost 0h svj. vr. | Datum                         | Oh svjetskog vremena |                        |                   |          | Kulminacija u Greenwichu |  |
|                      | Izlaz           | Zalaz |                          |                        |                     |                               | Rektascenzija        | Deklinacija            | Daljina od Zemlje | Polumjer |                          |  |
| 1                    | —               | 11 30 | 5 55.3                   | 1.90                   | 22.6                |                               | MERKUR               |                        |                   |          |                          |  |
| 2                    | 1 11            | 11 50 | 6 42.6                   | 2.05                   | 23.6                |                               | h m                  | ° ' "                  |                   | "        | h m                      |  |
| 3                    | 2 30            | 12 14 | 7 34.0                   | 2.25                   | 24.6                | 1 18 50                       | —                    | 20 34                  | 0.68              | 4.9      | 12 06                    |  |
| 4                    | 3 54            | 12 44 | 8 30.7                   | 2.48                   | 25.6                | 11 18 09                      | —                    | 20 17                  | 0.76              | 4.4      | 10 48                    |  |
| 5                    | 5 20            | 13 27 | 9 33.1                   | 2.70                   | 26.6                | 21 18 25                      | —                    | 21 37                  | 0.95              | 3.5      | 10 27                    |  |
| 6                    | 6 39            | 14 25 | 10 39.6                  | 2.81                   | 27.6                |                               | VENERA               |                        |                   |          |                          |  |
| 7                    | 7 45            | 15 39 | 11 46.8                  | 2.75                   | 28.6                | 1 19 33                       | —                    | 22 53                  | 1.66              | 5.1      | 12 55                    |  |
| 8                    | 8 34            | 17 01 | 12 51.0                  | 2.57                   | 0.2                 | 11 20 26                      | —                    | 20 38                  | 1.64              | 5.1      | 13 08                    |  |
| 9                    | 9 09            | 18 27 | 13 49.6                  | 2.32                   | 1.2                 | 21 21 18                      | —                    | 17 21                  | 1.62              | 5.2      | 13 20                    |  |
| 10                   | 9 36            | 19 48 | 14 42.4                  | 2.09                   | 2.2                 |                               | MARS                 |                        |                   |          |                          |  |
| 11                   | 9 57            | 21 05 | 15 30.3                  | 1.91                   | 3.2                 | 1 21 03                       | —                    | 18 02                  | 2.09              | 2.2      | 14 24                    |  |
| 12                   | 10 14           | 22 17 | 16 14.7                  | 1.80                   | 4.2                 | 11 21 35                      | —                    | 15 35                  | 2.13              | 2.2      | 14 15                    |  |
| 13                   | 10 30           | 23 26 | 16 57.0                  | 1.75                   | 5.2                 | 21 22 05                      | —                    | 12 52                  | 2.16              | 2.2      | 14 06                    |  |
| 14                   | 10 46           | —     | 17 38.8                  | 1.75                   | 6.2                 |                               | JUPITER              |                        |                   |          |                          |  |
| 15                   | 11 03           | 0 34  | 18 21.1                  | 1.79                   | 7.2                 | 1 22 28                       | —                    | 10 47                  | 5.48              | 16.8     | 15 46                    |  |
| 16                   | 11 23           | 1 42  | 19 05.0                  | 1.88                   | 8.2                 | 11 22 35                      | —                    | 10 03                  | 5.60              | 16.4     | 15 14                    |  |
| 17                   | 11 47           | 2 50  | 19 51.2                  | 1.98                   | 9.2                 | 21 22 43                      | —                    | 9 16                   | 5.71              | 16.1     | 14 43                    |  |
| 18                   | 12 17           | 3 57  | 20 40.0                  | 2.08                   | 10.2                |                               | SATURN               |                        |                   |          |                          |  |
| 19                   | 12 54           | 5 01  | 21 30.9                  | 2.16                   | 11.2                | 1 12 12                       | +                    | 1.11                   | 9.28              | 8.0      | 5.32                     |  |
| 20                   | 13 49           | 5 59  | 22 23.2                  | 2.18                   | 12.2                | 11 12 12                      | +                    | 1.11                   | 9.12              | 8.2      | 4.53                     |  |
| 21                   | 14 40           | 6 48  | 23 15.3                  | 2.15                   | 13.2                | 21 12 12                      | +                    | 1.15                   | 8.97              | 8.3      | 4.13                     |  |
| 22                   | 15 47           | 7 28  | —                        | —                      | 14.2                |                               | URAN                 |                        |                   |          |                          |  |
| 23                   | 16 58           | 8 00  | 0 06.1                   | 2.08                   | 15.2                | 1 6 32                        | +                    | 23 34                  | 17.90             | 1.9      | 23 49                    |  |
| 24                   | 18 10           | 8 24  | 0 54.7                   | 1.98                   | 16.2                | 11 6 30                       | +                    | 23 36                  | 17.92             | 1.9      | 23 08                    |  |
| 25                   | 19 22           | 8 45  | 1 41.2                   | 1.90                   | 17.2                | 21 6 28                       | +                    | 23 37                  | 17.97             | 1.9      | 22 26                    |  |
| 26                   | 20 33           | 9 03  | 2 25.9                   | 1.84                   | 18.2                |                               | NEPTUN               |                        |                   |          |                          |  |
| 27                   | 21 46           | 9 20  | 3 09.8                   | 1.83                   | 19.2                | 1 13 14                       | —                    | 6.06                   | 30.45             | 1.2      | 6.34                     |  |
| 28                   | 23 00           | 9 36  | 3 53.9                   | 1.87                   | 20.2                | 11 13 14                      | —                    | 6.08                   | 30.27             | 1.2      | 5.55                     |  |
| 29                   | —               | 9 54  | 4 39.6                   | 1.96                   | 21.2                | 21 13 15                      | —                    | 6.08                   | 30.10             | 1.2      | 5.16                     |  |
| 30                   | 0 18            | 10 16 | 5 28.3                   | 2.12                   | 22.2                |                               | PLUTON (1950.0)      |                        |                   |          |                          |  |
| 31                   | 1 37            | 10 43 | 6 21.4                   | 2.31                   | 23.2                | 1 9 39                        | +                    | 23 10                  | 35.32             | —        | 2.52                     |  |
| MJESEC               |                 |       |                          |                        |                     |                               |                      |                        |                   |          |                          |  |
| Mijene Mjeseca (SEV) |                 |       | Perigej i Apogej         |                        |                     | Najmanja i najveća vrijednost |                      | Horizontalna paralaksa |                   | Polumjer |                          |  |
| Jan. 1. ☾ 06h 11m    |                 |       |                          |                        |                     |                               |                      |                        |                   |          |                          |  |
| 7. ☾ 21 10           |                 |       |                          |                        |                     |                               |                      |                        |                   |          |                          |  |
| 15. ☾ 01 23          |                 |       | Jan. 6. 13h Perigej      |                        |                     | 60' 58"                       |                      |                        |                   | 16' 37"  |                          |  |
| 23. ☾ 05 47          |                 |       |                          |                        |                     |                               |                      |                        |                   |          |                          |  |
| 30. ☾ 16 13          |                 |       | Jan. 18. 14h Apogej      |                        |                     | 54' 05"                       |                      |                        |                   | 14' 44"  |                          |  |



## VELJAČA 1951.

| Oh SVJETSKOG VREMENA |               |             |          |                      |   |               | Izlaz i zalaz<br>Sunca<br>u Zagrebu<br>(SEV) |  |
|----------------------|---------------|-------------|----------|----------------------|---|---------------|--|--|
| Datum                | SUNCE         |             |          | Zvjezdano<br>vrijeme | Jednazična<br>vremena:<br>pravo vrijeme<br>minus<br>srednje | Izlaz i zalaz |  |  |
|                      | Rektascenzija | Deklinacija | Duljina  |                      |   | Izlaz         | Zalaz  |  |
|                      |               |             |          |                      |   |               |  |  |
|                      | h m s         | ° ' "       | ° ' "    | h m s                | m s   | h m           | h m  |  |
| 1                    | 20 55 04.9    | — 17 23 28  | 311 18.0 | 8 41 34.3            | — 13 30.6   | 7 20          | 16 55  |  |
| 2                    | 20 59 10.0    | 17 06 33    | 312 19.0 | 8 45 30.8            | 13 39.2   | 7 19          | 17 01  |  |
| 3                    | 21 03 14.3    | 16 49 20    | 313 19.8 | 8 49 27.4            | 13 46.9   | 7 18          | 17 02  |  |
| 4                    | 21 07 17.7    | 16 31 48    | 315 20.7 | 8 53 24.0            | 13 53.8   | 7 17          | 17 04  |  |
| 5                    | 21 11 20.4    | 16 14 00    | 315 21.6 | 8 57 20.5            | 14 00.0   | 7 16          | 17 06  |  |
| 6                    | 21 15 22.2    | — 15 55 55  | 316 22.4 | 9 01 17.1            | — 14 05.2   | 7 14          | 17 07  |  |
| 7                    | 21 19 23.3    | 15 37 33    | 317 23.2 | 9 05 13.7            | 14 09.6   | 7 12          | 17 09  |  |
| 8                    | 21 23 23.5    | 15 18 55    | 318 24.1 | 9 09 10.2            | 14 13.3   | 7 11          | 17 10  |  |
| 9                    | 21 27 23.9    | 15 00 02    | 319 24.8 | 9 13 06.8            | 14 16.2   | 7 09          | 17 12  |  |
| 10                   | 21 31 21.5    | 14 40 53    | 320 25.5 | 9 17 03.3            | 14 18.2   | 7 08          | 17 13  |  |
| 11                   | 21 35 19.4    | — 14 21 30  | 321 26.3 | 9 20 59.9            | — 14 19.5   | 7 07          | 17 15  |  |
| 12                   | 21 39 16.4    | 14 01 52    | 322 27.0 | 9 24 56.4            | 14 20.0   | 7 05          | 17 16  |  |
| 13                   | 21 43 12.6    | 13 42 01    | 323 27.7 | 9 28 53.0            | 14 19.6   | 7 04          | 17 18  |  |
| 14                   | 21 47 08.1    | 13 21 56    | 324 28.3 | 9 32 49.5            | 14 18.6   | 7 02          | 17 19  |  |
| 15                   | 21 51 02.8    | 13 01 39    | 325 29.0 | 9 36 46.1            | 14 16.7   | 7 01          | 17 20  |  |
| 16                   | 21 54 56.7    | — 12 41 09  | 326 29.6 | 9 40 42.6            | — 14 14.1   | 6 59          | 17 22  |  |
| 17                   | 21 58 49.9    | 12 20 26    | 327 30.1 | 9 44 39.2            | 14 10.8   | 6 58          | 17 23  |  |
| 18                   | 22 02 42.4    | 11 59 32    | 328 30.7 | 9 48 35.8            | 14 06.7   | 6 56          | 17 25  |  |
| 19                   | 22 06 34.2    | 11 38 27    | 329 31.2 | 9 52 32.3            | 14 01.9   | 6 55          | 17 26  |  |
| 20                   | 22 10 25.3    | 11 17 10    | 330 31.6 | 9 56 28.9            | 13 56.4   | 6 53          | 17 28  |  |
| 21                   | 22 14 15.7    | — 10 55 44  | 331 32.1 | 10 00 25.4           | — 13 50.2   | 6 52          | 17 29  |  |
| 22                   | 22 18 05.4    | 10 34 07    | 332 32.5 | 10 04 22.0           | 13 43.4   | 6 50          | 17 31  |  |
| 23                   | 22 21 54.5    | 10 12 20    | 333 32.9 | 10 08 18.5           | 13 36.0   | 6 48          | 17 32  |  |
| 24                   | 22 25 43.0    | 9 50 24     | 334 33.3 | 10 12 15.1           | 13 27.9   | 6 46          | 17 34  |  |
| 25                   | 22 29 30.8    | 9 28 19     | 335 33.6 | 10 16 11.6           | 13 19.2   | 6 44          | 17 35  |  |
| 26                   | 22 33 18.1    | — 9 06 05   | 336 33.9 | 10 20 08.2           | — 13 09.9   | 6 42          | 17 37  |  |
| 27                   | 22 37 04.8    | 8 43 43     | 337 34.2 | 10 24 04.7           | 13 00.1   | 6 41          | 17 38  |  |
| 28                   | 22 40 51.0    | 8 21 13     | 338 34.5 | 10 28 01.3           | 12 49.7   | 6 39          | 17 39  |  |

|      |     | Horizontalna<br>paralaksa | Daljina<br>od Zemlje | Polumjer | Precesija<br>u duljini | Nutacija<br>u duljini | Aberacija |
|------|-----|---------------------------|----------------------|----------|------------------------|-----------------------|-----------|
|      |     | "                         | "                    | "        | "                      | "                     | "         |
| Feb. | 1.  | 8.93                      | 0.98533              | 16 15.5  | — 4.24                 | + 3.93                | 20.77     |
|      | 11. | 8.91                      | 0.98695              | 16 13.9  | 5.62                   | 4.08                  | 20.73     |
|      | 21. | 8.89                      | 0.98891              | 16 12.0  | 7.20                   | 4.08                  | 20.69     |
|      | 28. | 8.88                      | 0.99053              | 16 10.4  | 7.96                   | 3.99                  | 20.66     |

## FEBRUAR 1951.

| M J E S E C                               |                 |       |                                 |                               |                                    | P L A N E T I                 |                    |                  |                         |                             |               |
|---|-----------------|-------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------|
| Datum                                     | U Zagrebu (SEV) |       | Kulminacija<br>u Greenwichu     | Promjena<br>za 1 h<br>duljine | Starost 0 <sup>h</sup><br>svj. vr. | Oh svjetskog vremena          |                    |                  |                         | Kulminacija<br>u Greenwichu |               |
|   | Izlaz           | Zalaz |                                 |                               |                                    | Datum                         | Rektas-<br>cenzija | Dekli-<br>nacija | Daljina<br>od<br>Zemlje |                             | Polu-<br>mjer |
|   |                 |       |                                 |                               |                                    | M E R K U R                   |                    |                  |                         |                             |               |
|   | h m             | h m   | h m                             | m                             | d                                  | h m                           | e                  | "                | "                       | h m                         |               |
| 1   | 2 59            | 11 19 | 7 19.3                          | 2'52                          | 24'2                               | 1 19 18                       | - 22 17            | 1'14             | 2'9                     | 10 37                       |               |
| 2   | 4 19            | 12 09 | 8 22.1                          | 2'68                          | 25'2                               | 11 20 18                      | - 20 59            | 1'26             | 2'7                     | 10 58                       |               |
| 3   | 5 29            | 13 13 | 9 27.2                          | 2'71                          | 26'2                               | 21 21 22                      | - 17 33            | 1'34             | 2'3                     | 11 22                       |               |
| 4   | 6 25            | 14 31 | 10 31.4                         | 2'61                          | 27'2                               |                               |                    |                  |                         |                             |               |
| 5   | 7 04            | 15 55 | 11 32.0                         | 2'42                          | 28'2                               |                               |                    |                  |                         |                             |               |
|   |                 |       |                                 |                               |                                    | V E N E R A                   |                    |                  |                         |                             |               |
| 6   | 7 35            | 17 18 | 12 27.5                         | 2'20                          | 29'2                               | 1 22 11                       | - 12 50            | 1'58             | 5'3                     | 13 30                       |               |
| 7   | 7 58            | 18 38 | 13 18.0                         | 2'02                          | 0'7                                | 11 22 58                      | - 8 08             | 1'55             | 5'4                     | 13 38                       |               |
| 8   | 8 16            | 19 54 | 14 04.7                         | 1'88                          | 1'7                                | 21 23 44                      | - 3 04             | 1'51             | 5'6                     | 13 44                       |               |
| 9   | 8 33            | 21 07 | 14 48.9                         | 1'81                          | 2'7                                |                               |                    |                  |                         |                             |               |
| 10  | 8 50            | 22 17 | 15 31.8                         | 1'78                          | 3'7                                |                               |                    |                  |                         |                             |               |
|   |                 |       |                                 |                               |                                    | M A R S                       |                    |                  |                         |                             |               |
|   | h m             | h m   | h m                             | m                             | d                                  | h m                           | e                  | "                | "                       | h m                         |               |
| 11  | 9 06            | 23 26 | 16 14.7                         | 1'80                          | 4'7                                | 1 22 38                       | - 9 39             | 2'20             | 2'1                     | 13 56                       |               |
| 12  | 9 25            | —     | 16 38.7                         | 1'87                          | 5'7                                | 11 23 07                      | - 6 35             | 2'24             | 2'1                     | 13 46                       |               |
| 13  | 9 47            | 0 35  | 17 44.5                         | 1'96                          | 6'7                                | 21 23 36                      | - 3 26             | 2'27             | 2'1                     | 13 35                       |               |
| 14  | 10 15           | 1 44  | 18 32.6                         | 2'05                          | 7'7                                |                               |                    |                  |                         |                             |               |
| 15  | 10 49           | 2 50  | 19 22.8                         | 2'13                          | 8'7                                |                               |                    |                  |                         |                             |               |
|   |                 |       |                                 |                               |                                    | J U P I T E R                 |                    |                  |                         |                             |               |
|   | h m             | h m   | h m                             | m                             | d                                  | h m                           | e                  | "                | "                       | h m                         |               |
| 16  | 11 34           | 3 50  | 20 14.6                         | 2'17                          | 9'7                                | 1 22 52                       | - 8 20             | 3'80             | 15'8                    | 14 09                       |               |
| 17  | 12 28           | 4 43  | 21 06.8                         | 2'17                          | 10'7                               | 11 23 01                      | - 7 27             | 3'87             | 15'6                    | 13 39                       |               |
| 18  | 13 32           | 5 26  | 21 58.2                         | 2'11                          | 11'7                               | 21 23 09                      | - 6 32             | 3'92             | 15'5                    | 13 07                       |               |
| 19  | 14 41           | 6 00  | 22 48.0                         | 2'03                          | 12'7                               | 1 12 11                       | + 1 24             | 8'82             | 8'5                     | 3 29                        |               |
| 20  | 15 54           | 6 28  | 23 35.7                         | 1'95                          | 13'7                               | 11 12 10                      | + 1 36             | 8'71             | 8'6                     | 2 52                        |               |
| 21  | 17 07           | 6 50  | —                               | —                             | 14'7                               | 21 12 08                      | + 1 52             | 8'60             | 8'7                     | 2 07                        |               |
| 22  | 18 21           | 7 09  | 0 21.7                          | 1'89                          | 15'7                               |                               |                    |                  |                         |                             |               |
|   |                 |       |                                 |                               |                                    | U R A N                       |                    |                  |                         |                             |               |
|   | h m             | h m   | h m                             | m                             | d                                  | h m                           | e                  | "                | "                       | h m                         |               |
| 23  | 19 34           | 7 26  | 1 06.7                          | 1'86                          | 16'7                               | 1 6 27                        | + 23 38            | 18'06            | 1'9                     | 21 42                       |               |
| 24  | 20 49           | 7 43  | 1 51.5                          | 1'88                          | 17'7                               | 11 6 25                       | + 23 39            | 18'17            | 1'9                     | 21 01                       |               |
| 25  | 22 06           | 8 00  | 2 37.4                          | 1'96                          | 18'7                               | 21 6 24                       | + 23 39            | 18'30            | 1'9                     | 20 21                       |               |
|   |                 |       |                                 |                               |                                    | N E P T U N                   |                    |                  |                         |                             |               |
|   | h m             | h m   | h m                             | m                             | d                                  | h m                           | e                  | "                | "                       | h m                         |               |
| 26  | 23 26           | 8 21  | 3 25.7                          | 2'08                          | 19'7                               | 1 13 15                       | - 6 07             | 29'92            | 1'2                     | 4 32                        |               |
| 27  | —               | 8 46  | 4 17.6                          | 2'25                          | 20'7                               | 11 13 14                      | - 6 04             | 29'76            | 1'2                     | 3 53                        |               |
| 28  | 0 48            | 9 19  | 5 13.7                          | 2'43                          | 21'7                               | 21 13 14                      | - 6 00             | 29'62            | 1'2                     | 3 13                        |               |
|   |                 |       |                                 |                               |                                    | P L U T O N (1950.0)          |                    |                  |                         |                             |               |
|   | h m             | h m   | h m                             | m                             | d                                  | h m                           | e                  | "                | "                       | h m                         |               |
|   |                 |       |                                 |                               |                                    | 1 9 37                        | + 23 28            | 35'08            | —                       | 0 55                        |               |
| M J E S E C                               |                 |       |                                 |                               |                                    |                               |                    |                  |                         |                             |               |
| Mijene Mjeseca<br>(SEV)                   |                 |       | Perigej i Apogej                |                               |                                    | Najmanja i najveća vrijednost |                    |                  |                         |                             |               |
|   |                 |       |                                 |                               |                                    | Horizontalna<br>paralaksa     |                    | Polumjer         |                         |                             |               |
| Feb. 6. ☾ 08 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> |                 |       |                                 |                               |                                    |                               |                    |                  |                         |                             |               |
| 13. ☾ 21 55                               |                 |       | Feb. 3. 15 <sup>h</sup> Perigej |                               |                                    | 60' 06"                       |                    | 16' 22"          |                         |                             |               |
| 21. ☾ 22 12                               |                 |       |                                 |                               |                                    |                               |                    |                  |                         |                             |               |
| 28. ☾ 23 59                               |                 |       | Feb. 15. 10 <sup>h</sup> Apogej |                               |                                    | 54' 11"                       |                    | 14' 46"          |                         |                             |               |

# OŽUJAK 1951.

| OŽUJAK 1951.         |               |                        |                    |                    |   |                    |                                     |  |  |
|----------------------|---------------|------------------------|--------------------|--------------------|---|--------------------|-------------------------------------|--|--|
| Oh SVJETSKOG VREMENA |               |                        |                    |                    |   |                    | Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV) |  |  |
| Datum                | SUNCE         |                        |                    | Zvijezdano vrijeme | Jednadiča vremena pravo vrijeme minus srednje | Izlaz i Zalaz      |                                     |  |  |
|                      | Rektascenzija | Deklinacija            | Duljina            |                    |   | Izlaz              | Zalaz                               |  |  |
|                      | h m s         | ° ' "                  | ° ' "              | h m s              | m s   | h m                | h m                                 |  |  |
| 1                    | 22 44 36.6    | — 7 58 36              | 339 34.8           | 10 31 57.8         | —12 38.8                                      | 6 37               | 17 41                               |  |  |
| 2                    | 22 48 21.8    | 7 35 51                | 340 35.0           | 10 35 54.4         | 12 27.4                                       | 6 35               | 17 42                               |  |  |
| 3                    | 22 52 06.4    | 7 13 00                | 341 35.2           | 10 39 51.0         | 12 15.3                                       | 6 34               | 17 44                               |  |  |
| 4                    | 22 55 50.6    | 6 50 02                | 342 35.3           | 10 43 47.5         | 12 03.1                                       | 6 32               | 17 45                               |  |  |
| 5                    | 22 59 34.3    | 6 26 59                | 343 35.5           | 10 47 44.1         | 11 50.2                                       | 6 30               | 17 46                               |  |  |
| 6                    | 23 03 17.6    | — 6 03 50              | 344 35.6           | 10 51 40.6         | —11 37.0                                      | 6 28               | 17 48                               |  |  |
| 7                    | 23 07 00.4    | 5 40 36                | 345 35.7           | 10 55 37.2         | 11 23.2                                       | 6 27               | 17 49                               |  |  |
| 8                    | 23 10 42.9    | 5 17 18                | 346 35.8           | 10 59 33.7         | 11 09.1                                       | 6 25               | 17 50                               |  |  |
| 9                    | 23 14 24.9    | 4 53 53                | 347 35.8           | 11 03 30.3         | 10 54.6                                       | 6 23               | 17 52                               |  |  |
| 10                   | 23 18 06.6    | 4 30 28                | 348 35.8           | 11 07 26.8         | 10 39.7                                       | 6 21               | 17 53                               |  |  |
| 11                   | 23 21 47.8    | — 4 06 58              | 349 35.7           | 11 11 23.4         | —10 24.5                                      | 6 19               | 17 55                               |  |  |
| 12                   | 23 25 28.8    | 3 43 25                | 350 35.7           | 11 15 19.9         | 10 08.8                                       | 6 17               | 17 56                               |  |  |
| 13                   | 23 29 09.4    | 3 19 50                | 351 35.6           | 11 19 16.5         | 9 52.9  | 6 14               | 17 58                               |  |  |
| 14                   | 23 32 49.7    | 2 56 12                | 352 35.4           | 11 23 13.0         | 9 36.7  | 6 13               | 17 59                               |  |  |
| 15                   | 23 36 29.8    | 2 32 33                | 353 35.2           | 11 27 09.6         | 9 20.2  | 6 11               | 18 01                               |  |  |
| 16                   | 23 40 09.5    | — 2 08 52              | 354 35.0           | 11 31 06.2         | — 9 03.3                                      | 6 09               | 18 02                               |  |  |
| 17                   | 23 43 49.0    | 1 45 10                | 355 34.8           | 11 35 02.7         | 8 46.3  | 6 07               | 18 03                               |  |  |
| 18                   | 23 47 28.3    | 1 21 27                | 356 34.5           | 11 38 59.3         | 8 29.0  | 6 05               | 18 04                               |  |  |
| 19                   | 23 51 07.3    | 0 57 44                | 357 34.1           | 11 42 55.8         | 8 11.5  | 6 03               | 18 06                               |  |  |
| 20                   | 23 54 46.2    | 0 34 01                | 358 33.8           | 11 46 52.4         | 7 53.8  | 6 01               | 18 07                               |  |  |
| 21                   | 23 58 24.9    | — 0 10 19              | 359 33.4           | 11 50 48.9         | — 7 36.0                                      | 6 00               | 18 08                               |  |  |
| 22                   | 0 02 03.5     | + 0 13 23              | 0 32.9             | 11 54 45.5         | 7 18.0  | 5 58               | 18 10                               |  |  |
| 23                   | 0 05 42.0     | 0 37 04                | 1 32.4             | 11 58 42.0         | 6 59.9  | 5 56               | 18 11                               |  |  |
| 24                   | 0 09 20.3     | 1 00 44                | 2 31.9             | 12 02 38.6         | 6 41.7  | 5 54               | 18 12                               |  |  |
| 25                   | 0 12 58.6     | 1 24 21                | 3 31.4             | 12 06 35.1         | 6 23.5  | 5 52               | 18 13                               |  |  |
| 26                   | 0 16 36.8     | + 1 47 57              | 4 30.8             | 12 10 31.7         | — 6 05.2                                      | 5 50               | 18 15                               |  |  |
| 27                   | 0 20 15.1     | 2 11 30                | 5 30.2             | 12 14 28.2         | 5 46.8  | 5 48               | 18 16                               |  |  |
| 28                   | 0 23 53.3     | 2 35 01                | 6 29.6             | 12 18 24.8         | 5 28.5  | 5 46               | 18 18                               |  |  |
| 29                   | 0 27 31.6     | 2 58 30                | 7 28.9             | 12 22 21.4         | 5 10.2  | 5 44               | 18 19                               |  |  |
| 30                   | 0 31 09.8     | 3 21 53                | 8 28.2             | 12 26 17.9         | 4 51.9  | 5 42               | 18 21                               |  |  |
| 31                   | 0 34 48.2     | + 3 45 14              | 9 27.5             | 12 30 14.5         | — 4 33.8                                      | 5 40               | 18 22                               |  |  |
|                      |               |                        |                    |                    |   |                    |                                     |  |  |
|                      |               | Horizontalna paralaksa | Daljinna od Zemlje | Polumjer           | Precesija u duljini                           | Nutacija u duljini | Aberacija                           |  |  |
| Mart                 |               | "                      | "                  | "                  | "   | "                  | "                                   |  |  |
| 1.                   | 8.38          | 0.99078                | 16 10.1            | + 8.10             | + 3.97  | 20.66              |                                     |  |  |
| 11.                  | 8.86          | 0.99335                | 16 07.6            | 9.47               | + 3.76  | 20.61              |                                     |  |  |
| 21.                  | 8.83          | 0.99604                | 16 05.0            | 10.83              | + 3.49  | 20.55              |                                     |  |  |
| 31.                  | 8.81          | 0.99892                | 16 02.2            | 12.23              | + 3.21  | 20.49              |                                     |  |  |

# MART 1951.

| MART 1951.           |                 |       |                         |                        |                     |                      |                      |                               |                   |          |                         |  |
|----------------------|-----------------|-------|-------------------------|------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------|----------|-------------------------|--|
| MJESEC               |                 |       |                         |                        |                     | PLANETI              |                      |                               |                   |          |                         |  |
| Datum                | U Zagrebu (SEV) |       | Kulminacija u Greenwicu | Promjena za 1h duljine | Starost 0h svj. vr. | Datum                | Oh svjetskog vremena |                               |                   |          | Kulminacija u Greenwicu |  |
|                      | Izlaz           | Zalaz |                         |                        |                     |                      | Rektascenzija        | Deklinacija                   | Daljina od Zemlje | Polumjer |                         |  |
|                      | h m             | h m   | h m                     | m                      | d                   |                      | MERKUR               |                               |                   |          |                         |  |
| 1                    | 2 08            | 10 03 | 6 14.6                  | 2.58                   | 22.7                |                      | h m                  | h m                           | "                 | "        | h m                     |  |
| 2                    | 3 20            | 11 01 | 7 17.0                  | 2.64                   | 23.7                | 1                    | 22 15                | — 13 11                       | 1.37              | 2.4      | 11 44                   |  |
| 3                    | 4 18            | 12 12 | 8 19.8                  | 2.58                   | 24.7                | 11                   | 23 23                | — 5 47                        | 1.36              | 2.5      | 12 13                   |  |
| 4                    | 5 02            | 13 32 | 9 20.0                  | 2.43                   | 25.7                | 21                   | 0 33                 | + 3 19                        | 1.26              | 2.7      | 12 44                   |  |
| 5                    | 5 35            | 14 54 | 10 16.0                 | 2.23                   | 26.7                |                      | VENERA               |                               |                   |          |                         |  |
| 6                    | 6 00            | 16.14 | 11 07.4                 | 2.06                   | 27.7                | 1                    | 0 20                 | + 1 06                        | 1.48              | 5.7      | 13 48                   |  |
| 7                    | 6 20            | 17 31 | 11 55.1                 | 1.93                   | 28.7                | 11                   | 1 05                 | + 6 16                        | 1.44              | 5.9      | 13 54                   |  |
| 8                    | 6 37            | 18 45 | 12 40.7                 | 1.84                   | 0.1                 | 21                   | 1 50                 | + 11 12                       | 1.38              | 6.1      | 13 59                   |  |
| 9                    | 6 54            | 19 56 | 13 23.7                 | 1.80                   | 1.1                 |                      | MARS                 |                               |                   |          |                         |  |
| 10                   | 7 10            | 21 07 | 14 07.0                 | 1.81                   | 2.1                 | 1                    | 23 58                | — 0 54                        | 2.30              | 2.0      | 13 26                   |  |
| 11                   | 7 28            | 22 17 | 14 51.0                 | 1.87                   | 3.1                 | 11                   | 0 27                 | + 2 16                        | 2.33              | 2.0      | 13 15                   |  |
| 12                   | 7 49            | 23 27 | 15 36.6                 | 1.94                   | 4.1                 | 21                   | 0 55                 | + 5 21                        | 2.36              | 2.0      | 13 03                   |  |
| 13                   | 8 14            | —     | 16 24.2                 | 2.03                   | 5.1                 |                      | JUPITER              |                               |                   |          |                         |  |
| 14                   | 8 46            | 0 34  | 17 13.9                 | 2.11                   | 6.1                 | 1                    | 23 16                | — 5 47                        | 5.98              | 15.4     | 12 43                   |  |
| 15                   | 9 26            | 1 38  | 18 0.51                 | 2.15                   | 7.1                 | 11                   | 23 25                | — 4 51                        | 5.96              | 15.4     | 12 12                   |  |
| 16                   | 10 16           | 2 34  | 18 57.0                 | 2.16                   | 8.1                 | 21                   | 23 34                | — 3 54                        | 5.96              | 15.4     | 11 42                   |  |
| 17                   | 11 15           | 3 21  | 19 48.4                 | 2.12                   | 9.1                 |                      | SATURN               |                               |                   |          |                         |  |
| 18                   | 12 22           | 3 58  | 20 38.4                 | 2.05                   | 10.1                | 1                    | 12 06                | + 2 06                        | 8.55              | 8.7      | 1 34                    |  |
| 19                   | 13 33           | 4 29  | 21 26.8                 | 1.98                   | 11.1                | 11                   | 12 03                | + 2 25                        | 8.50              | 8.8      | 0 52                    |  |
| 20                   | 14 46           | 4 53  | 22 13.4                 | 1.92                   | 12.1                | 21                   | 12 00                | + 2 45                        | 8.49              | 8.8      | 0 09                    |  |
| 21                   | 16 00           | 5 13  | 22 59.9                 | 1.89                   | 13.1                |                      | URAN                 |                               |                   |          |                         |  |
| 22                   | 17 15           | 5 31  | 23 44.4                 | 1.90                   | 14.1                | 1                    | 6 24                 | + 23 40                       | 18.42             | 1.9      | 19 49                   |  |
| 23                   | 18 31           | 5 48  | —                       | —                      | 15.1                | 11                   | 6 24                 | + 23 40                       | 18.58             | 1.8      | 19 09                   |  |
| 24                   | 19 49           | 6 06  | 0 30.8                  | 1.97                   | 16.1                | 21                   | 6 24                 | + 23 40                       | 18.74             | 1.8      | 18 30                   |  |
| 25                   | 21 09           | 6 26  | 1 19.4                  | 2.09                   | 17.1                |                      | NEPTUN               |                               |                   |          |                         |  |
| 26                   | 22 33           | 6 50  | 2 11.3                  | 2.25                   | 18.1                | 1                    | 13 13                | — 5 57                        | 29.53             | 1.2      | 2 41                    |  |
| 27                   | 23 56           | 7 20  | 3 07.5                  | 2.43                   | 19.1                | 11                   | 13 12                | — 5 52                        | 29.43             | 1.2      | 2 01                    |  |
| 28                   | —               | 8 00  | 4 07.8                  | 2.58                   | 20.1                | 21                   | 13 11                | — 5 40                        | 29.36             | 1.2      | 1 20                    |  |
| 29                   | 1 12            | 8 55  | 5 10.7                  | 2.64                   | 21.1                |                      | PLUTON (1950.0)      |                               |                   |          |                         |  |
| 30                   | 2 14            | 10 02 | 6 13.8                  | 2.59                   | 22.1                | 1                    | 9 34                 | + 23 42                       | 35 11             | —        | 22 58                   |  |
| 31                   | 3 02            | 11 20 | 7 14.3                  | 2.44                   | 23.1                |                      | MJESEC               |                               |                   |          |                         |  |
|                      |                 |       |                         |                        |                     |                      |                      |                               |                   |          |                         |  |
| Mijene Mjeseca (SEV) |                 |       |                         |                        |                     | Perigej i Apogej     |                      | Najmanja i najveća vrijednost |                   |          |                         |  |
|                      |                 |       |                         |                        |                     |                      |                      | Horizontalna paralaksa        |                   | Polumjer |                         |  |
| Mar. 7. ☾ 21h 50m    |                 |       |                         |                        |                     | Mar. 2. 07h Perigej  |                      | 59' 18"                       |                   | 16' 09"  |                         |  |
| 15. ☽ 18 40          |                 |       |                         |                        |                     | Mar. 15. 06h Apogej  |                      | 54' 14"                       |                   | 14' 47"  |                         |  |
| 23. ☾ 11 50          |                 |       |                         |                        |                     | Mar. 27. 09h Perigej |                      | 59' 38"                       |                   | 16' 15"  |                         |  |
| 30. ☽ 06 35          |                 |       |                         |                        |                     |                      |                      |                               |                   |          |                         |  |



# TRAVANJ 1951.

| Datum | Oh SVJETSKOG VREMENA |             |         |                     |  |      | Izlaz i zalaz<br>Sunca<br>u Zagrebu<br>(SEV) |       |
|-------|----------------------|-------------|---------|---------------------|--|------|--|-------|
|       | SUNCE                |             |         | Zvezdano<br>vrijeme | Jednadiča<br>vremena:<br>pravo vrijeme<br>minus<br>srednje |      | Izlaz  | Zalaz |
|       | Rektascenzija        | Deklinacija | Duljina |                     |  |      |  |       |
|       |                      |             |         |                     |  |      |  |       |
|       | h m s                | ° ' "       | ° ' "   | h m s               | m s  |      | h m  | h m   |
| 1     | 0 38 26.7            | + 4 08 30   | 10 26.7 | 12 34 11.0          | - 4 15.7   | 5 38 | 18 23  |       |
| 2     | 0 42 05.2            | 4 31 43     | 11 25.9 | 12 38 07.6          | 3 57.7   | 5 36 | 18 25  |       |
| 3     | 0 45 43.9            | 4 54 50     | 12 25.1 | 12 42 04.1          | 3 39.8   | 5 34 | 18 26  |       |
| 4     | 0 49 22.7            | 5 17 52     | 13 24.3 | 12 46 00.7          | 3 22.1   | 5 32 | 18 27  |       |
| 5     | 0 53 01.7            | 5 40 49     | 14 23.4 | 12 49 57.2          | 3 04.5   | 5 30 | 18 28  |       |
| 6     | 0 56 40.9            | + 6 03 40   | 15 22.5 | 12 53 53.8          | - 2 47.1   | 5 29 | 18 30  |       |
| 7     | 1 00 20.2            | 6 26 24     | 16 21.6 | 12 57 50.3          | 2 29.8   | 5 27 | 18 31  |       |
| 8     | 1 03 59.7            | 6 49 02     | 17 20.6 | 13 01 46.9          | 2 12.8   | 5 25 | 18 32  |       |
| 9     | 1 07 39.5            | 7 11 33     | 18 19.6 | 13 05 43.4          | 1 56.0   | 5 23 | 18 33  |       |
| 10    | 1 11 19.4            | 7 33 56     | 19 18.5 | 13 09 40.0          | 1 39.4   | 5 21 | 18 35  |       |
| 11    | 1 14 59.6            | + 7 56 12   | 20 17.4 | 13 13 36.5          | - 1 23.1   | 5 19 | 18 36  |       |
| 12    | 1 18 40.1            | 8 18 19     | 21 16.3 | 13 17 33.1          | 1 07.0   | 5 18 | 18 37  |       |
| 13    | 1 22 20.9            | 8 40 18     | 22 15.2 | 13 21 29.7          | 0 51.2   | 5 16 | 18 39  |       |
| 14    | 1 26 01.9            | 9 02 09     | 23 14.0 | 13 25 26.2          | 0 35.7   | 5 14 | 18 40  |       |
| 15    | 1 29 43.2            | 9 23 50     | 24 12.7 | 13 29 22.8          | 0 20.5   | 5 12 | 18 42  |       |
| 16    | 1 33 24.9            | + 9 45 22   | 25 11.5 | 13 33 19.3          | - 0 05.6   | 5 10 | 18 43  |       |
| 17    | 1 37 06.9            | 10 06 43    | 26 10.1 | 13 37 15.9          | + 0 09.0   | 5 08 | 18 44  |       |
| 18    | 1 40 49.3            | 10 27 53    | 27 08.8 | 13 41 12.4          | 0 23.2   | 5 06 | 18 46  |       |
| 19    | 1 44 32.0            | 10 48 56    | 28 07.4 | 13 45 09.0          | 0 37.0   | 5 04 | 18 47  |       |
| 20    | 1 48 15.1            | 11 09 47    | 29 06.0 | 13 49 05.5          | 0 50.5   | 5 03 | 18 48  |       |
| 21    | 1 51 58.6            | + 11 30 26  | 30 04.6 | 13 53 02.1          | + 1 03.5   | 5 01 | 18 50  |       |
| 22    | 1 55 42.5            | 11 50 55    | 31 03.1 | 13 56 58.6          | 1 16.1   | 4 59 | 18 51  |       |
| 23    | 1 59 26.9            | 12 11 11    | 32 01.6 | 14 00 55.2          | 1 28.3   | 4 58 | 18 52  |       |
| 24    | 2 03 11.7            | 12 31 16    | 33 00.0 | 14 04 51.8          | 1 40.1   | 4 56 | 18 53  |       |
| 25    | 2 06 57.0            | 12 51 08    | 33 58.4 | 14 08 48.3          | 1 51.4   | 4 54 | 18 55  |       |
| 26    | 2 10 42.7            | + 13 10 48  | 34 56.8 | 14 12 44.9          | + 2 02.2   | 4 53 | 18 56  |       |
| 27    | 2 14 29.0            | 13 30 15    | 35 55.2 | 14 16 41.4          | 2 12.4   | 4 51 | 18 57  |       |
| 28    | 2 18 15.8            | 13 49 28    | 36 53.5 | 14 20 38.0          | 2 22.2   | 4 50 | 18 58  |       |
| 29    | 2 22 03.1            | 14 08 29    | 37 51.9 | 14 24 34.6          | 2 31.5   | 4 48 | 19 00  |       |
| 30    | 2 25 50.9            | 14 27 15    | 38 50.2 | 14 28 31.1          | 2 40.2   | 4 46 | 19 01  |       |

|         | Horizontalna<br>paralaksa | Daljina<br>od Zemlje | Polumjer | Precosija<br>u dužini | Nutacija<br>u dužini | Aberacija |
|---------|---------------------------|----------------------|----------|-----------------------|----------------------|-----------|
| Apr. 1. | 8.81                      | 0.99921              | 16 01.9  | - 12.36               | + 3.18               | 20.50     |
| 11.     | 8.78                      | 1.00209              | 15 59.2  | 13.74                 | + 2.96               | 20.43     |
| 21.     | 8.76                      | 1.00485              | 15 56.5  | 15.12                 | + 2.84               | 20.37     |
| 30.     | 8.74                      | 1.00728              | 15 54.2  | 16.35                 | + 2.83               | 20.32     |

# APRIL 1951.

| M J E S E C |                 |       |                                  |   |                                    | P L A N E T I        |                  |                         |               |                                  |     |
|-------------|-----------------|-------|----------------------------------|---|------------------------------------|----------------------|------------------|-------------------------|---------------|----------------------------------|-----|
| Datum       | U Zagrebu (SEV) |       | Kulminacija<br>u Green-<br>wichu | Promjena<br>za 1 <sup>h</sup><br>dužine | Starost 0 <sup>h</sup><br>svj. vl. | Oh svjetskog vremena |                  |                         |               | Kulminacija<br>u Green-<br>wichu |     |
|             | Izlaz           | Zalaz |                                  |   |                                    | Rektas-<br>cenzija   | Dekli-<br>nacija | Daljina<br>od<br>Zemlje | Polu-<br>mjer |                                  |     |
|             | h m             | h m   | h m                              | m                                       | d                                  | MERKUR               |                  |                         |               |                                  |     |
| 1           | 3 37            | 12 39 | 8 10.5                           | 2.25                                    | 24.1                               | h m                  | ° ' "            |                         |               |                                  | h m |
| 2           | 4 04            | 13 58 | 9 02.2                           | 3.07                                    | 25.1                               | 1 43                 | + 12 41          | 1.01                    | 3.3           | 13 09                            |     |
| 3           | 4 25            | 15 15 | 9 49.9                           | 1.92                                    | 26.1                               | 2 18                 | + 17 02          | 0.76                    | 4.4           | 13 03                            |     |
| 4           | 4 43            | 16 28 | 10 34.8                          | 1.83                                    | 27.1                               | 2 15                 | + 15 54          | 0.60                    | 5.6           | 12 18                            |     |
| 5           | 4 59            | 17 39 | 11 18.1                          | 1.79                                    | 28.1                               |                      |                  |                         |               |                                  |     |
| 6           | 5 16            | 18 49 | 12 01.0                          | 1.80                                    | 29.1                               | 2 41                 | + 16 08          | 1.32                    | 6.4           | 14 07                            |     |
| 7           | 5 33            | 20 00 | 12 44.5                          | 1.84                                    | 0.5                                | 3 29                 | + 19 56          | 1.27                    | 6.6           | 14 16                            |     |
| 8           | 5 52            | 21 10 | 13 29.5                          | 1.92                                    | 1.5                                | 4 18                 | + 22 54          | 1.20                    | 7.0           | 14 26                            |     |
| 9           | 6 16            | 22 19 | 14 16.6                          | 2.00                                    | 2.5                                |                      |                  |                         |               |                                  |     |
| 10          | 6 45            | 23 25 | 15 05.7                          | 2.08                                    | 3.5                                |                      |                  |                         |               |                                  |     |
| 11          | 7 21            | —     | 15 56.5                          | 2.14                                    | 4.5                                | 1 25                 | + 8 37           | 2.40                    | 2.0           | 12 51                            |     |
| 12          | 8 07            | 0 25  | 16 48.0                          | 2.15                                    | 5.5                                | 1 54                 | + 11 25          | 2.42                    | 1.9           | 12 40                            |     |
| 13          | 9 03            | 1 15  | 17 39.3                          | 2.11                                    | 6.5                                | 2 22                 | + 14 01          | 2.45                    | 1.9           | 12 28                            |     |
| 14          | 10 06           | 1 55  | 18 29.3                          | 2.05                                    | 7.5                                |                      |                  |                         |               |                                  |     |
| 15          | 11 15           | 2 29  | 19 17.6                          | 1.97                                    | 8.5                                | 23 44                | — 2 52           | 5.92                    | 15.5          | 11 08                            |     |
| 16          | 12 25           | 2 54  | 20 04.0                          | 1.91                                    | 9.5                                | 23 53                | — 1 56           | 5.87                    | 15.6          | 10 38                            |     |
| 17          | 13 38           | 3 15  | 20 49.3                          | 1.87                                    | 10.5                               | 00 01                | — 1 02           | 5.80                    | 15.8          | 10 07                            |     |
| 18          | 14 50           | 3 33  | 21 34.2                          | 1.88                                    | 11.5                               |                      |                  |                         |               |                                  |     |
| 19          | 16 05           | 3 51  | 22 19.9                          | 1.94                                    | 12.5                               | 11 57                | + 3 05           | 8.51                    | 8.8           | 23 19                            |     |
| 20          | 17 22           | 4 08  | 23 07.8                          | 2.06                                    | 13.5                               | 11 54                | + 3 22           | 8.56                    | 8.7           | 22 37                            |     |
| 21          | 18 43           | 4 27  | 23 59.9                          | 2.23                                    | 14.5                               | 11 52                | + 3 37           | 8.64                    | 8.6           | 21 55                            |     |
| 22          | 20 08           | 4 50  | —                                | —                                       | 15.5                               |                      |                  |                         |               |                                  |     |
| 23          | 21 35           | 5 19  | 0 54.9                           | 2.43                                    | 16.5                               | 6 24                 | + 23 39          | 18.92                   | 1.8           | 17 47                            |     |
| 24          | 22 56           | 5 56  | 1 55.5                           | 2.62                                    | 17.5                               | 6 25                 | + 23 39          | 19.09                   | 1.8           | 17 09                            |     |
| 25          | —               | 6 47  | 2 59.9                           | 2.72                                    | 18.5                               | 6 26                 | + 23 38          | 19.25                   | 1.8           | 16 31                            |     |
| 26          | 0 07            | 7 52  | 4 05.2                           | 2.69                                    | 19.5                               |                      |                  |                         |               |                                  |     |
| 27          | 1 01            | 9 09  | 5 08.2                           | 2.53                                    | 20.5                               | 13 10                | — 5 39           | 29.31                   | 1.2           | 0 36                             |     |
| 28          | 1 39            | 10 29 | 6 06.6                           | 2.33                                    | 21.5                               | 13 09                | — 5 33           | 29.30                   | 1.2           | 23 52                            |     |
| 29          | 2 09            | 11 48 | 6 59.7                           | 2.11                                    | 22.5                               | 13 08                | — 5 26           | 29.32                   | 1.2           | 23 11                            |     |
| 30          | 2 31            | 13 05 | 7 48.2                           | 1.94                                    | 23.5                               |                      |                  |                         |               |                                  |     |
|             |                 |       |                                  |   |                                    | PLUTON (1950.0)      |                  |                         |               |                                  |     |
|             |                 |       |                                  |   |                                    | 9 32                 | + 23 51          | 35.40                   | —             | 20 54                            |     |

| M J E S E C          |                                 |                                  |                               |
|----------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Mijene Mjeseca (SEV) |                                 | Perigej i Apogej                 | Najmanja i najveća vrijednost |
|                      |                                 |                                  | Horizontalna paralaksa        |
|                      |                                 |                                  | Polumjer                      |
| Apr. 6.              | 11 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> | Apr. 12. 01 <sup>h</sup> Apogej  | 54' 09"                       |
| 14.                  | 13 55                           |                                  |                               |
| 21.                  | 22 30                           | Apr. 23. 23 <sup>h</sup> Perigej | 16' 29"                       |
| 28.                  | 13 17                           |                                  |                               |

# SVIBANJ 1951.

| Datum | Oh SVJETSKOG VREMENA |                        |                   |                    |  |                    | Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV) |  |
|-------|----------------------|------------------------|-------------------|--------------------|--|--------------------|-------------------------------------|--|
|       | SUNCE                |                        |                   | Zvijezdano vrijeme | Jednadiža vremena; pravo vrijeme minus srednje | Izlaz              | Zalaz                               |  |
|       | Rektascenzija        | Deklinacija            | Duljina           |                    |  |                    |                                     |  |
|       |                      |                        |                   |                    |  |                    |                                     |  |
| h m s | ° ' "                | ° ' "                  | h m s             | m s                | h m  | h m                |                                     |  |
| 1     | 2 29 39'3            | + 14 45 47             | 39 48'4           | 14 32 27'7         | + 2 48'4                                       | 4 44               | 19 03                               |  |
| 2     | 2 33 28'2            | 15 04 05               | 40 46'7           | 14 36 24'2         | 2 56'0   | 4 43               | 19 04                               |  |
| 3     | 2 37 17'7            | 15 22 08               | 41 44'9           | 14 40 20'8         | 3 03'1   | 4 41               | 19 06                               |  |
| 4     | 2 41 07'7            | 15 39 55               | 42 43'1           | 14 44 17'3         | 3 09'6   | 4 39               | 19 07                               |  |
| 5     | 2 44 58'3            | 15 57 27               | 43 41'3           | 14 48 13'9         | 3 15'6   | 4 38               | 19 08                               |  |
| 6     | 2 48 49'4            | + 16 14 43             | 44 39'4           | 14 52 10'4         | + 3 21'0                                       | 4 37               | 19 09                               |  |
| 7     | 2 52 41'1            | 16 31 43               | 45 37'5           | 14 56 07'0         | 3 25'9   | 4 35               | 19 11                               |  |
| 8     | 2 56 33'4            | 16 48 26               | 46 35'6           | 15 00 03'5         | 3 30'2   | 4 34               | 19 12                               |  |
| 9     | 3 00 26'2            | 17 04 53               | 47 33'7           | 15 04 00'1         | 3 33'9   | 4 33               | 19 13                               |  |
| 10    | 3 04 19'6            | 17 21 02               | 48 31'7           | 15 07 56'7         | 3 37'1   | 4 31               | 19 14                               |  |
| 11    | 3 08 13'5            | + 17 36 54             | 49 29'7           | 15 11 53'2         | + 3 39'7                                       | 4 30               | 19 15                               |  |
| 12    | 3 12 08'0            | 17 52 28               | 50 27'6           | 15 15 49'8         | 3 41'7   | 4 29               | 19 16                               |  |
| 13    | 3 16 03'1            | 18 07 44               | 51 25'6           | 15 19 46'3         | 3 43'2   | 4 27               | 19 18                               |  |
| 14    | 3 19 58'8            | 18 22 42               | 52 23'5           | 15 23 42'9         | 3 44'1   | 4 26               | 19 19                               |  |
| 15    | 3 23 54'9            | 18 37 21               | 53 21'4           | 15 27 39'4         | 3 44'5   | 4 25               | 19 20                               |  |
| 16    | 3 27 51'7            | + 18 51 41             | 54 19'2           | 15 31 36'0         | + 3 44'3                                       | 4 24               | 19 21                               |  |
| 17    | 3 31 48'9            | 19 05 42               | 55 17'0           | 15 35 32'6         | 3 43'6   | 4 23               | 19 22                               |  |
| 18    | 3 35 46'8            | 19 19 24               | 56 14'8           | 15 39 29'1         | 3 42'4   | 4 21               | 19 24                               |  |
| 19    | 3 39 45'1            | 19 32 46               | 57 12'6           | 15 43 25'7         | 3 40'5   | 4 20               | 19 25                               |  |
| 20    | 3 43 44'0            | 19 45 48               | 58 10'3           | 15 47 22'2         | 3 38'2   | 4 19               | 19 26                               |  |
| 21    | 3 47 43'5            | + 19 58 30             | 59 08'0           | 15 51 18'8         | + 3 35'3                                       | 4 18               | 19 28                               |  |
| 22    | 3 51 43'5            | 20 10 51               | 60 05'7           | 15 55 15'3         | 3 31'8   | 4 17               | 19 29                               |  |
| 23    | 3 55 44'0            | 20 22 52               | 61 03'4           | 15 59 11'9         | 3 27'9   | 4 16               | 19 30                               |  |
| 24    | 3 59 45'1            | 20 34 32               | 62 01'0           | 16 03 08'5         | 3 23'4   | 4 15               | 19 31                               |  |
| 25    | 4 03 46'7            | 20 45 51               | 62 58'6           | 16 07 05'0         | 3 18'3   | 4 14               | 19 32                               |  |
| 26    | 4 07 48'8            | + 20 56 48             | 63 56'3           | 16 11 01'6         | + 3 12'8                                       | 4 13               | 19 33                               |  |
| 27    | 4 11 51'5            | 21 07 24               | 64 53'9           | 16 14 58'2         | 3 06'7   | 4 12               | 19 34                               |  |
| 28    | 4 15 54'6            | 21 17 38               | 65 51'4           | 16 18 54'7         | 3 00'1   | 4 12               | 19 35                               |  |
| 29    | 4 19 58'2            | 21 27 30               | 66 49'0           | 16 22 51'3         | 2 53'0   | 4 11               | 19 36                               |  |
| 30    | 4 24 02'4            | 21 37 00               | 67 46'6           | 16 26 47'8         | 2 45'4   | 4 10               | 19 36                               |  |
| 31    | 4 28 07'0            | + 21 46 08             | 68 44'1           | 16 30 44'4         | + 2 37'4                                       | 4 10               | 19 37                               |  |
|       |                      |                        |                   |                    |  |                    |                                     |  |
|       |                      | Horizontalna paralaksa | Daljina od Zemlje | Polumjer           | Precesija u duljini                            | Nutacija u duljini | Aboracija                           |  |
| Maj   |                      | "                      | "                 | "                  | "  | "                  | "                                   |  |
|       | 1.                   | 8'74                   | 1'00755           | 15 54'0            | + 16'49  | + 2'83             | 20 32                               |  |
|       | 11.                  | 8'72                   | 1'00998           | 15 51'7            | 17'87  | + 2'97             | 20 27                               |  |
|       | 21.                  | 8'70                   | 1'01206           | 15 49'7            | 19'25  | + 3'24             | 20'23                               |  |
|       | 31.                  | 8'68                   | 1'01390           | 15 48'0            | 20'62  | + 3'63             | 20'19                               |  |

# MAJ 1951.

| M J E S E C             |                 |       |                                 |                              |                                    | P L A N E T I                 |                                  |                  |                         |               |                                 |  |
|-------------------------|-----------------|-------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------|-------------------------|---------------|---------------------------------|--|
| Datum                   | U Zagrebu (SEV) |       | Kulminacija<br>u Green-<br>wicu | Promjena<br>za 1h<br>duljine | Starost 0 <sup>h</sup><br>svj. vr. | Datum                         | 0 <sup>h</sup> svjetskog vremena |                  |                         |               | Kulminacija<br>u Green-<br>wicu |  |
|                         | Izlaz           | Zalaz |                                 |                              |                                    |                               | Rektas-<br>cenzija               | Dekli-<br>nacija | Daljina<br>od<br>Zemlje | Polu-<br>mjer |                                 |  |
|                         | h m             | h m   | h m                             | m                            | d                                  |                               | M E R K U R                      |                  |                         |               |                                 |  |
| 1                       | 2 49            | 14 17 | 8 33'3                          | 1'83                         | 24'5                               |                               | h m                              |                  |                         |               | h m                             |  |
| 2                       | 3 06            | 15 28 | 9 16'3                          | 1'77                         | 25'5                               | 1                             | 1 54                             | + 11 17          | 0'57                    | 5'9           | 11 19                           |  |
| 3                       | 3 22            | 16 37 | 9 58'6                          | 1'77                         | 26'5                               | 11                            | 1 50                             | + 8 30           | 0'65                    | 5'1           | 10 37                           |  |
| 4                       | 3 39            | 17 46 | 10 41'2                         | 1'80                         | 27'5                               | 21                            | 2 12                             | + 9 38           | 0'79                    | 4'2           | 10 20                           |  |
| 5                       | 3 57            | 18 56 | 11 25'2                         | 1'88                         | 28'5                               |                               | V E N E R A                      |                  |                         |               |                                 |  |
| 6                       | 4 19            | 20 05 | 12 11'3                         | 1'96                         | 29'5                               | 1                             | 5 09                             | + 24 51          | 1'14                    | 7'4           | 14 37                           |  |
| 7                       | 4 46            | 21 12 | 12 59'5                         | 2'06                         | 0'9                                | 11                            | 6 00                             | + 25 42          | 1'06                    | 7'9           | 14 48                           |  |
| 8                       | 5 19            | 22 14 | 13 49'8                         | 2'12                         | 1'9                                | 21                            | 6 50                             | + 25 25          | 1'00                    | 8'5           | 14 59                           |  |
| 9                       | 6 02            | 23 09 | 14 41'2                         | 2'15                         | 2'9                                |                               | M A R S                          |                  |                         |               |                                 |  |
| 10                      | 6 55            | 23 53 | 15 32'5                         | 2'12                         | 3'9                                | 1                             | 2 51                             | + 16 23          | 2'47                    | 1'9           | 12'18                           |  |
| 11                      | 7 54            | —     | 16 22'7                         | 2'05                         | 4'9                                | 11                            | 3 20                             | + 18 28          | 2'49                    | 1'9           | 12 07                           |  |
| 12                      | 9 00            | 0 28  | 17 10'9                         | 1'97                         | 5'9                                | 21                            | 3 49                             | + 20 16          | 2'51                    | 1'9           | 11 57                           |  |
| 13                      | 10 09           | 0 56  | 17 57'1                         | 1'89                         | 6'9                                |                               | J U P I T E R                    |                  |                         |               |                                 |  |
| 14                      | 11 19           | 1 18  | 18 41'7                         | 1'84                         | 7'9                                | 1                             | 0 09                             | — 0 11           | 5'72                    | 16'1          | 9 36                            |  |
| 15                      | 12 30           | 1 37  | 19 25'4                         | 1'82                         | 8'9                                | 11                            | 0 17                             | + 0 38           | 5'62                    | 16'4          | 9 04                            |  |
| 16                      | 13 42           | 1 54  | 20 09'5                         | 1'87                         | 9'9                                | 21                            | 0 24                             | + 1 23           | 5'50                    | 16'7          | 8 32                            |  |
| 17                      | 14 56           | 2 11  | 20 55'2                         | 1'96                         | 10'9                               |                               | S A T U R N                      |                  |                         |               |                                 |  |
| 18                      | 16 14           | 2 29  | 21 44'1                         | 2'13                         | 11'9                               | 1                             | 11 50                            | + 3 48           | 8'74                    | 8'5           | 21 14                           |  |
| 19                      | 17 36           | 2 50  | 22 37'5                         | 2'34                         | 12'9                               | 11                            | 11 49                            | + 3 55           | 8'87                    | 8'4           | 20 33                           |  |
| 20                      | 19 03           | 3 15  | 23 36'5                         | 2'58                         | 13'9                               | 21                            | 11 48                            | + 3 59           | 9'01                    | 8'3           | 19 53                           |  |
| 21                      | 20 30           | 3 48  | —                               | —                            | 14'9                               |                               | U R A N                          |                  |                         |               |                                 |  |
| 22                      | 21 48           | 4 33  | 0 40'9                          | 2'76                         | 15'9                               | 1                             | 6 28                             | + 23 37          | 19'40                   | 1'8           | 15 53                           |  |
| 23                      | 22 51           | 5 34  | 1 48'2                          | 2'81                         | 16'9                               | 11                            | 6 30                             | + 23 35          | 19'53                   | 1'8           | 15 15                           |  |
| 24                      | 23 37           | 6 49  | 2 54'9                          | 2'70                         | 17'9                               | 21                            | 6 32                             | + 23 34          | 19'64                   | 1'8           | 14 38                           |  |
| 25                      | —               | 8 11  | 3 57'4                          | 2'49                         | 18'9                               |                               | N E P T U N                      |                  |                         |               |                                 |  |
| 26                      | 0 11            | 9 35  | 4 54'1                          | 2'24                         | 19'9                               | 1                             | 13 07                            | — 5 21           | 29'36                   | 1'2           | 22 31                           |  |
| 27                      | 0 36            | 10 54 | 5 45'3                          | 2'03                         | 20'9                               | 11                            | 13 07                            | — 5 15           | 29'44                   | 1'2           | 21 51                           |  |
| 28                      | 0 55            | 12 05 | 6 32'0                          | 1'88                         | 21'9                               | 21                            | 13 06                            | — 5 11           | 29'54                   | 1'2           | 21 11                           |  |
| 29                      | 1 13            | 13 20 | 7 15'7                          | 1'79                         | 22'9                               |                               | P L U T O N (1950'0)             |                  |                         |               |                                 |  |
| 30                      | 1 29            | 14 29 | 7 58'1                          | 1'75                         | 23'9                               | 1                             | 9 31                             | + 23 50          | 35'84                   | —             | 18 55                           |  |
| 31                      | 1 45            | 15 38 | 8 40'3                          | 1'78                         | 24'9                               |                               |                                  |                  |                         |               |                                 |  |
| M J E S E C             |                 |       |                                 |                              |                                    |                               |                                  |                  |                         |               |                                 |  |
| Mijene Mjeseca<br>(SEV) |                 |       | Perigej i Apogej                |                              |                                    | Najmanja i najveća vrijednost |                                  |                  |                         |               |                                 |  |
|                         |                 |       |                                 |                              |                                    | Horizontalna<br>paralaksa     |                                  | Polumjer         |                         |               |                                 |  |
| Maj 6. ☾ 02h 35m        |                 |       |                                 |                              |                                    |                               |                                  |                  |                         |               |                                 |  |
| 14. ☾ 06 32             |                 |       | Maj 9. 17h Apogej               |                              |                                    | 54' 02"                       |                                  | 14' 44"          |                         |               |                                 |  |
| 21. ☾ 06 45             |                 |       |                                 |                              |                                    |                               |                                  |                  |                         |               |                                 |  |
| 27. ☾ 21 17             |                 |       | Maj 22. 04h Perigej             |                              |                                    | 61' 11"                       |                                  | 16' 40"          |                         |               |                                 |  |



## LIPANJ 1951.

| Oh SVJETSKOG VREMENA |               |             |         |                     |   |               |       | Izlaz i zalaz<br>Sunca<br>u Zagrebu<br>(SEV) |  |
|----------------------|---------------|-------------|---------|---------------------|---|---------------|-------|--|--|
| Datum                | S U N C E     |             |         | Zvezdano<br>vrijeme | Jednadiča<br>vremena<br>pravo vrijeme<br>minus<br>srednje | Izlaz i zalaz |       |  |  |
|                      | Rektascenzija | Deklinacija | Duljina |                     |   | Izlaz         | Zalaz |  |  |
|                      | h m s         | ° ' "       | ° ' "   | h m s               | m s   | h m           | h m   |  |  |
| 1                    | 4 32 12'0     | + 21 54 53  | 69 41'6 | 16 34 40'9          | + 2 28'9  | 4 09          | 19 31 |  |  |
| 2                    | 4 36 17'4     | 22 03 15    | 70 39'1 | 16 38 37'5          | 2 20'0  | 4 08          | 19 39 |  |  |
| 3                    | 4 40 23'3     | 22 11 14    | 71 36'6 | 16 42 34'0          | 2 10'7  | 4 08          | 19 40 |  |  |
| 4                    | 4 44 30'0     | 22 18 49    | 72 34'1 | 16 46 30'6          | 2 01'0  | 4 08          | 19 41 |  |  |
| 5                    | 4 48 36'2     | 22 26 02    | 73 31'6 | 16 50 27'2          | 1 51'0  | 4 07          | 19 42 |  |  |
| 6                    | 4 52 43'2     | + 22 32 50  | 74 29'0 | 16 54 23'7          | + 1 40'5  | 4 07          | 19 42 |  |  |
| 7                    | 4 56 50'5     | 22 39 15    | 75 26'5 | 16 58 20'3          | 1 29'8  | 4 06          | 19 43 |  |  |
| 8                    | 5 00 58'1     | 22 45 16    | 76 23'9 | 17 02 16'8          | 1 18'7  | 4 06          | 19 44 |  |  |
| 9                    | 5 05 06'0     | 22 50 53    | 77 21'3 | 17 06 13'4          | 1 07'4  | 4 06          | 19 44 |  |  |
| 10                   | 5 09 14'1     | 22 56 06    | 78 18'7 | 17 10 10'2          | 0 55'8  | 4 05          | 19 45 |  |  |
| 11                   | 5 13 22'5     | + 23 00 55  | 79 16'0 | 17 14 06'5          | + 0 44'0  | 4 05          | 19 46 |  |  |
| 12                   | 5 17 31'1     | 23 05 19    | 80 13'4 | 17 18 03'1          | 0 32'0  | 4 05          | 19 46 |  |  |
| 13                   | 5 21 39'8     | 23 09 19    | 81 10'7 | 17 21 59'6          | 0 19'8  | 4 04          | 19 47 |  |  |
| 14                   | 5 25 48'8     | 23 12 55    | 82 08'0 | 17 25 56'2          | + 0 07'4  | 4 04          | 19 48 |  |  |
| 15                   | 5 29 57'8     | 23 16 06    | 83 05'3 | 17 29 52'7          | - 0 05'1  | 4 04          | 19 48 |  |  |
| 16                   | 5 34 07'0     | + 23 18 52  | 84 02'6 | 17 33 49'3          | - 0 17'7  | 4 04          | 19 49 |  |  |
| 17                   | 5 38 16'3     | 23 21 14    | 84 59'9 | 17 37 45'8          | 0 30'5  | 4 04          | 19 49 |  |  |
| 18                   | 5 42 25'7     | 23 23 11    | 85 57'2 | 17 41 42'4          | 0 43'3  | 4 04          | 19 50 |  |  |
| 19                   | 5 46 35'1     | 23 24 43    | 86 54'4 | 17 45 39'0          | 0 56'2  | 4 04          | 19 50 |  |  |
| 20                   | 5 50 44'6     | 23 25 51    | 87 51'6 | 17 49 35'5          | 1 09'1  | 4 04          | 19 50 |  |  |
| 21                   | 5 54 54'1     | + 23 26 34  | 88 48'9 | 17 53 32'1          | - 1 22'0  | 4 04          | 19 50 |  |  |
| 22                   | 5 59 03'6     | 23 26 52    | 89 46'1 | 17 57 28'7          | 1 35'0  | 4 04          | 19 51 |  |  |
| 23                   | 6 03 13'1     | 23 26 45    | 90 43'3 | 18 01 25'2          | 1 47'9  | 4 05          | 19 51 |  |  |
| 24                   | 6 07 22'6     | 23 26 14    | 91 40'5 | 18 05 21'8          | 2 00'8  | 4 05          | 19 51 |  |  |
| 25                   | 6 11 32'0     | 23 25 17    | 92 37'8 | 18 09 18'3          | 2 13'7  | 4 05          | 19 51 |  |  |
| 26                   | 6 15 41'3     | + 23 23 56  | 93 35'0 | 18 13 14'9          | - 2 26'4  | 4 06          | 19 51 |  |  |
| 27                   | 6 19 50'6     | 23 22 11    | 94 32'2 | 18 17 11'4          | 2 39'1  | 4 06          | 10 51 |  |  |
| 28                   | 6 23 59'7     | 23 20 00    | 95 29'4 | 18 21 08'0          | 2 51'7  | 4 06          | 19 51 |  |  |
| 29                   | 6 28 08'7     | 23 17 26    | 96 26'6 | 18 25 04'6          | 3 04'1  | 4 07          | 19 51 |  |  |
| 30                   | 6 32 17'5     | 23 14 26    | 97 23'8 | 18 29 01'1          | 3 16'4  | 4 07          | 19 51 |  |  |

|        | Horizontalna<br>paralaksa | Daljina<br>od Zemlje | Polumjer | Precesija<br>u duljini | Nutacija<br>u duljini | Aberacija |
|--------|---------------------------|----------------------|----------|------------------------|-----------------------|-----------|
|        | "                         | "                    | "        | "                      | "                     | "         |
| Jun 1' | 8'68                      | 1'01406              | 15 47'9  | + 20'76                | + 3'67                | 20'19     |
| 11'    | 8'66                      | 1'01538              | 15 46'6  | 22'14                  | + 4'16                | 20'16     |
| 21'    | 8'66                      | 1'01624              | 15 45'8  | 23'51                  | + 4'69                | 20'14     |
| 30'    | 8'65                      | 1'01670              | 15 45'4  | 24'75                  | + 5'17                | 20'13     |

JUN I 1951.

| M J E S E C                               |                 |       |                                  |  |                                    | P L A N E T I                    |                  |                      |               |                             |
|---|-----------------|-------|----------------------------------|--|------------------------------------|----------------------------------|------------------|----------------------|---------------|-----------------------------|
| Datum                                     | U Zagrebu (SEV) |       | Kulminacija<br>u Greenwichu      | Promjena<br>za 1 <sup>h</sup><br>daljine | Starost 0 <sup>h</sup><br>svj. vr. | 0 <sup>h</sup> svjetskog vremena |                  |                      |               | Kulminacija<br>u Greenwichu |
|   | Izlaz           | Zalaz |                                  |  |                                    | Rektas-<br>cenzija               | Dekli-<br>nacija | Daljina<br>od Zemlje | Polu-<br>mjer |                             |
| - MERKUR                                  |                 |       |                                  |  |                                    |                                  |                  |                      |               |                             |
| 1   | 2 04            | 16 47 | 9 23.5                           | 1'83                                     | 25'9                               |                                  |                  |                      |               |                             |
| 2   | 2 24            | 17 55 | 10 08.5                          | 1'93                                     | 26'9                               | 1                                | 3 00             | +14 06               | 0'98          | 3'4 10 26                   |
| 3   | 2 69            | 19 03 | 10 55.8                          | 2'02                                     | 27'9                               | 11                               | 4 05             | +19 26               | 1'17          | 2'9 10 52                   |
| 4   | 3 21            | 20 06 | 11 45.3                          | 2'10                                     | 28'9                               | 21                               | 5 30             | +23 45               | 1'30          | 2'6 11 39                   |
| 5   | 3 59            | 21 03 | 12 36.4                          | 2'14                                     | 0'3                                |                                  |                  |                      |               |                             |
| - VENERA                                  |                 |       |                                  |  |                                    |                                  |                  |                      |               |                             |
| 6   | 4 49            | 21 50 | 13 27.8                          | 2'13                                     | 1'3                                | 1                                | 7 43             | +23 53               | 0'90          | 9'3 15 08                   |
| 7   | 5 46            | 22 27 | 14 18.4                          | 2'07                                     | 2'3                                | 11                               | 8 28             | +21 30               | 0'82          | 10'2 15 14                  |
| 8   | 6 51            | 22 58 | 15 07.0                          | 1'98                                     | 3'3                                | 21                               | 9 09             | +18 23               | 0'74          | 11'3 15 15                  |
| 9   | 7 59            | 23 22 | 15 53.4                          | 1'89                                     | 4'3                                |                                  |                  |                      |               |                             |
| 10  | 9 07            | 23 41 | 16 37.8                          | 1'82                                     | 5'3                                |                                  |                  |                      |               |                             |
| - MARS                                    |                 |       |                                  |  |                                    |                                  |                  |                      |               |                             |
| 11  | 10 16           | 23 58 | 17 20.7                          | 1'78                                     | 6'3                                | 1                                | 4 22             | +21 51               | 2'52          | 1'7 11 47                   |
| 12  | 11 25           | —     | 18 03.3                          | 1'79                                     | 7'3                                | 11                               | 4 52             | +22 56               | 2'53          | 1'8 11 37                   |
| 13  | 12 36           | 0 15  | 18 46.8                          | 1'85                                     | 8'3                                | 21                               | 5 21             | +23 40               | 2'54          | 1'8 11 27                   |
| 14  | 13 50           | 0 32  | 19 32.6                          | 1'98                                     | 9'3                                |                                  |                  |                      |               |                             |
| 15  | 15 08           | 0 50  | 20 22.3                          | 2'18                                     | 10'3                               |                                  |                  |                      |               |                             |
| - JUPITER                                 |                 |       |                                  |  |                                    |                                  |                  |                      |               |                             |
| 16  | 16 31           | 1 12  | 21 17'3                          | 2'42                                     | 11'3                               | 1                                | 0 32             | + 2 08               | 5'36          | 17'2 7 56                   |
| 17  | 17 57           | 1 41  | 22 18'4                          | 2'67                                     | 12'3                               | 11                               | 0 38             | + 2 44               | 5'22          | 17'6 7 23                   |
| 18  | 19 20           | 2 19  | 23 24'7                          | 2'83                                     | 13'3                               | 21                               | 0 43             | + 3 15               | 5'07          | 18'1 6 48                   |
| 19  | 20 32           | 3 13  | —                                | —  | 14'3                               |                                  |                  |                      |               |                             |
| 20  | 21 27           | 4 23  | 0 33'2                           | 2'83                                     | 15'3                               | 1                                | 11 47            | + 3 58               | 9'18          | 8'1 19'10                   |
| 21  | 22 07           | 5 45  | 1 39'7                           | 2'68                                     | 16'3                               | 11                               | 11 48            | + 3 53               | 9'34          | 8'0 18'31                   |
| 22  | 22 37           | 7 11  | 2 41'1                           | 2'43                                     | 17'3                               | 21                               | 11 49            | + 3 44               | 9'57          | 7'8 17'53                   |
| - URAN                                    |                 |       |                                  |  |                                    |                                  |                  |                      |               |                             |
| 23  | 22 59           | 8 34  | 3 36'4                           | 2'19                                     | 18'3                               | 1                                | 6 34             | +23 32               | 19'74         | 1'7 13 57                   |
| 24  | 23 18           | 9 54  | 4 26'4                           | 2'00                                     | 19'3                               | 11                               | 6 37             | +23 30               | 19'81         | 1'7 13 20                   |
| 25  | 23 35           | 11 09 | 5 12'5                           | 1'86                                     | 20'3                               | 21                               | 6 39             | +23 28               | 19'85         | 1'7 12 44                   |
| - NEPTUN                                  |                 |       |                                  |  |                                    |                                  |                  |                      |               |                             |
| 26  | 23 51           | 12 20 | 5 56'2                           | 1'80                                     | 21'3                               |                                  |                  |                      |               |                             |
| 27  | —               | 13 29 | 6 39'0                           | 1'78                                     | 22'3                               | 1                                | 13 05            | — 5 07               | 29'68         | 1'2 20 27                   |
| 28  | 0 09            | 14 38 | 7 22'1                           | 1'82                                     | 23'8                               | 11                               | 13 05            | — 5 05               | 29'82         | 1'2 19 47                   |
| 29  | 0 29            | 15 47 | 8 06'6                           | 1'92                                     | 24'3                               | 21                               | 13 04            | — 5 04               | 29'97         | 1'2 19 08                   |
| 30  | 0 52            | 16 55 | 8 53'1                           | 1'98                                     | 25'3                               |                                  |                  |                      |               |                             |
|   |                 |       |                                  |  |                                    | 1                                | 9 32             | +23 41               | 36'33         | — 16 54                     |
| M J E S E C                               |                 |       |                                  |  |                                    |                                  |                  |                      |               |                             |
| Mijene Mjesece (SEV)                      |                 |       | Perigej   Apogej                 |  |                                    | Najmanja i najveća vrijednost    |                  |                      |               |                             |
|   |                 |       |                                  |  |                                    | Horizontalna paralaksa           |                  | Polumjer             |               |                             |
| Juni 4. ☉ 17 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> |                 |       | Juni 6. 01 <sup>h</sup> Apogej   |  |                                    | 53' 55"                          |                  | 14' 42"              |               |                             |
| 12. ☽ 19. 52                              |                 |       | Juni 19. 14 <sup>h</sup> Perigej |  |                                    | 61' 26"                          |                  | 16' 44"              |               |                             |
| 19. ☿ 13 36                               |                 |       |                                  |  |                                    |                                  |                  | </                   |               |                             |



# SR PAN J 1951.

| S R P A N J 1951. |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|-------------------|----------------------|-------------|----------|-----------------------|--|-------|--|-------|-------|
| Datum             | Oh SVJETSKOG VREMENA |             |          |                       |  |       | Izlaz i zalaz<br>Sunca<br>u Zagrebu<br>(SEV) |       |       |
|                   | S U N C E            |             |          | Zvijezdano<br>vrijeme | Jednadžba<br>vremena:<br>pravo vrijeme<br>minus<br>srednje |       |  |       |       |
|                   | Rektascenzija        | Deklinacija | Duljina  |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  | h m s | ° ' "  | ° ' " | h m s |
| 1                 | 6 36 26'1            | + 23 11 02  | 98 21'1  | 18 32 57'7            | - 3 28'4   | 4 08  | 19 51  |       |       |
| 2                 | 6 40 34'5            | 23 07 14    | 99 18'3  | 18 36 54'2            | 3 40'2   | 4 09  | 19 50  |       |       |
| 3                 | 6 44 42'6            | 23 03 01    | 100 15'5 | 18 40 50'8            | 3 51'8   | 4 09  | 19 50  |       |       |
| 4                 | 6 48 50'5            | 22 58 24    | 101 12'7 | 18 44 47'4            | 4 03'1   | 4 10  | 19 50  |       |       |
| 5                 | 6 52 58'0            | 22 53 23    | 102 09'9 | 18 48 43'5            | 4 14'1   | 4 11  | 19 50  |       |       |
| 6                 | 6 57 05'3            | + 22 47 58  | 103 07'1 | 18 52 44'5            | - 4 24'8   | 4 11  | 19 49  |       |       |
| 7                 | 7 01 12'2            | 22 42 09    | 104 04'4 | 18 56 37'0            | 4 35'2   | 4 12  | 19 49  |       |       |
| 8                 | 7 05 18'8            | 22 35 57    | 105 01'6 | 19 00 33'6            | 4 45'2   | 4 13  | 19 48  |       |       |
| 9                 | 7 09 24'9            | 22 29 21    | 105 58'8 | 19 04 30'2            | 4 54'8   | 4 13  | 19 48  |       |       |
| 10                | 7 13 30'6            | 22 22 22    | 106 56'0 | 19 08 26'7            | 5 04'0   | 4 14  | 19 48  |       |       |
| 11                | 7 17 36'0            | + 22 14 59  | 107 53'2 | 19 12 23'2            | - 5 12'7   | 4 15  | 19 47  |       |       |
| 12                | 7 21 40'8            | 22 07 14    | 108 50'4 | 19 16 19'8            | 5 21'0   | 4 16  | 19 46  |       |       |
| 13                | 7 25 45'2            | 21 59 06    | 109 47'6 | 19 20 16'4            | 5 28'9   | 4 16  | 19 46  |       |       |
| 14                | 7 29 49'2            | 21 50 35    | 110 44'8 | 19 24 12'9            | 5 36'2   | 4 17  | 19 45  |       |       |
| 15                | 7 33 52'6            | 21 41 42    | 111 42'1 | 19 28 09'5            | 5 43'1   | 4 18  | 19 45  |       |       |
| 16                | 7 37 55'5            | + 21 32 28  | 112 39'3 | 19 32 06'0            | - 5 49'5   | 4 19  | 19 44  |       |       |
| 17                | 7 41 58'0            | 21 22 50    | 113 36'5 | 19 36 02'6            | 5 55'3   | 4 20  | 19 43  |       |       |
| 18                | 7 45 59'8            | 21 12 52    | 114 33'7 | 19 39 59'2            | 6 00'7   | 4 21  | 19 42  |       |       |
| 19                | 7 50 01'2            | 21 02 32    | 115 30'9 | 19 43 55'7            | 6 05'5   | 4 22  | 19 42  |       |       |
| 20                | 7 54 02'0            | 20 51 50    | 116 28'1 | 19 47 52'3            | 6 09'8   | 4 23  | 19 41  |       |       |
| 21                | 7 58 02'3            | + 20 40 48  | 117 25'4 | 19 51 48'9            | - 6 13'5   | 4 24  | 19 40  |       |       |
| 22                | 8 02 02'1            | 20 29 24    | 118 22'6 | 19 55 45'4            | 6 16'7   | 4 25  | 19 39  |       |       |
| 23                | 8 06 07'2            | 20 17 40    | 119 19'9 | 19 59 42'0            | 6 19'3   | 4 26  | 19 38  |       |       |
| 24                | 8 09 59'9            | 20 05 35    | 120 17'2 | 20 03 38'5            | 6 21'4   | 4 27  | 19 37  |       |       |
| 25                | 8 13 58'0            | 19 53 10    | 121 14'5 | 20 07 35'1            | 6 22'9   | 4 28  | 19 36  |       |       |
| 26                | 8 17 55'5            | + 19 40 26  | 122 11'8 | 20 11 31'6            | - 6 23'9   | 4 29  | 19 35  |       |       |
| 27                | 8 21 52'4            | 19 27 21    | 123 09'1 | 20 15 28'2            | 6 24'2   | 4 30  | 19 33  |       |       |
| 28                | 8 25 48'8            | 19 13 57    | 124 06'4 | 20 19 24'7            | 6 24'0   | 4 32  | 19 32  |       |       |
| 29                | 8 29 44'6            | 19 00 14    | 125 03'8 | 20 23 21'3            | 6 23'3   | 4 33  | 19 31  |       |       |
| 30                | 8 33 39'8            | 18 46 12    | 126 01'2 | 20 27 17'9            | 6 21'9   | 4 35  | 19 29  |       |       |
| 31                | 8 37 34'4            | + 18 31 52  | 126 58'6 | 20 31 14'4            | - 6 19'9   | 4 36  | 19 28  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |
|                   |                      |             |          |                       |  |       |  |       |       |

# KOLOVOZ 1951.

| KOLOVOZ 1951.        |               |             |          |                  |  |  |       |  |  |
|----------------------|---------------|-------------|----------|------------------|--|--|-------|--|--|
| Oh SVJETSKOG VREMENA |               |             |          |                  |  |  |       |  |  |
| Datum                | SUNCE         |             |          | Zvezdano vrijeme | Jednaki<br>vremena:<br>pravo vrijeme<br>minus<br>srednje | Izlaz i zalaz<br>Sunca<br>u Zagrebu<br>(SEV) |       |  |  |
|                      | Rektascenzija | Deklinacija | Duljina  |                  |  | Izlaz  | Zalaz |  |  |
|                      |               |             |          |                  |  |  |       |  |  |
|                      | h m s         | ° ' "       | ° ' "    | h m s            | m s  | m  | h m   |  |  |
| 1                    | 8 41 28.3     | + 18 17 13  | 127 56.0 | 20 35 21.0       | - 6 17.4   | 4 37   | 19 27 |  |  |
| 2                    | 8 45 11.7     | 18 02.16    | 128 53.4 | 20 39 07.5       | 6 14.2   | 4 38   | 19 26 |  |  |
| 3                    | 8 49 14.5     | 17 47 02    | 129 50.8 | 20 43 04.1       | 6 10.4   | 4 39   | 19 25 |  |  |
| 4                    | 8 53 06.7     | 17 31 30    | 130 48.3 | 20 47 00.6       | 6 06.1   | 4 40   | 19 23 |  |  |
| 5                    | 8 56 58.3     | 17 15 41    | 131 45.7 | 20 50 57.2       | 6 01.7   | 4 41   | 19 22 |  |  |
| 6                    | 9 00 49.3     | + 16 59 35  | 132 43.2 | 20 54 53.8       | - 5 55.5   | 4 43   | 19 20 |  |  |
| 7                    | 9 04 39.6     | 16 43 12    | 133 40.7 | 20 58 50.3       | 5 49.3   | 4 44   | 19 19 |  |  |
| 8                    | 9 08 29.4     | 16 26 34    | 134 38.2 | 21 02 46.8       | 5 42.5   | 4 45   | 19 18 |  |  |
| 9                    | 9 12 18.5     | 16 09 40    | 135 35.7 | 21 06 43.4       | 5 35.1   | 4 46   | 19 16 |  |  |
| 10                   | 9 16 07.0     | 15 52 30    | 136 33.3 | 21 10 40.0       | 5 27.1   | 4 47   | 19 15 |  |  |
| 11                   | 9 19 55.0     | + 15 35 05  | 137 30.8 | 21 14 36.5       | - 5 18.5   | 4 48   | 19 13 |  |  |
| 12                   | 9 23 42.3     | 15 17 26    | 138 28.4 | 21 18 33.1       | 5 09.2   | 4 50   | 19 12 |  |  |
| 13                   | 9 27 29.1     | 14 59 31    | 139 25.9 | 21 22 29.6       | 4 59.5   | 4 51   | 19 10 |  |  |
| 14                   | 9 31 15.3     | 14 41 23    | 140 23.5 | 21 26 26.2       | 4 49.1   | 4 53   | 19 08 |  |  |
| 15                   | 9 35 00.9     | 14 23 00    | 141 21.1 | 21 30 22.8       | 4 38.2   | 4 54   | 19 06 |  |  |
| 16                   | 9 38 46.0     | + 14 04 24  | 142 18.8 | 21 34 19.3       | - 4 26.7   | 4 55   | 19 04 |  |  |
| 17                   | 9 42 30.5     | 13 45 35    | 143 16.4 | 21 38 15.9       | 4 14.7   | 4 56   | 19 03 |  |  |
| 18                   | 9 46 14.5     | 13 26 32    | 144 14.1 | 21 42 12.4       | 4 02.1   | 4 58   | 19 01 |  |  |
| 19                   | 9 49 58.0     | 13 07 17    | 145 11.8 | 21 46 09.0       | 3 49.1   | 4 59   | 19 00 |  |  |
| 20                   | 9 53 41.1     | 12 47 49    | 146 09.5 | 21 50 05.5       | 3 35.5   | 5 00   | 18 58 |  |  |
| 21                   | 9 57 23.6     | + 12 28 09  | 147 07.2 | 21 54 02.1       | - 3 21.5   | 5 01   | 18 56 |  |  |
| 22                   | 10 01 05.7    | 12 08 17    | 148 05.0 | 21 57 58.6       | 3 07.0   | 5 02   | 18 55 |  |  |
| 23                   | 10 04 47.3    | 11 48 13    | 149 02.8 | 22 01 55.2       | 2 52.1   | 5 04   | 18 53 |  |  |
| 24                   | 10 08 28.5    | 11 27 58    | 150 00.6 | 22 05 51.7       | 2 36.8   | 5 05   | 18 51 |  |  |
| 25                   | 10 12 09.3    | 11 07 32    | 150 58.4 | 22 09 48.3       | 2 21.0   | 6 06   | 18 50 |  |  |
| 26                   | 10 15 49.7    | + 10 46 55  | 151 56.3 | 22 13 44.9       | - 2 04.8   | 5 07   | 18 48 |  |  |
| 27                   | 10 19 29.6    | 10 26 08    | 152 54.2 | 22 17 41.4       | 1 48.2   | 5 08   | 18 46 |  |  |
| 28                   | 10 23 09.2    | 10 05 11    | 153 52.2 | 22 21 38.0       | 1 31.3   | 5 10   | 18 44 |  |  |
| 29                   | 10 26 48.5    | 9 44 04     | 154 50.1 | 22 25 34.5       | 1 14.0   | 5 11   | 18 43 |  |  |
| 30                   | 10 30 27.4    | 9 22 48     | 155 48.1 | 22 29 31.1       | 0 56.3   | 5 12   | 18 41 |  |  |
| 31                   | 10 34 05.9    | + 9 01 23   | 156 46.2 | 22 33 27.6       | - 0 38.2   | 5 14   | 18 38 |  |  |

|         | Horizontalna<br>paralaksa | Daljina<br>od Zemlje | Polumjer | Precesija<br>u duljini | Nutacija<br>u duljini | Aberacija |
|---------|---------------------------|----------------------|----------|------------------------|-----------------------|-----------|
| Aug. 1. | 8.67                      | 1'01505              | 15 46.9  | + 29.15                | + 6.47                | 20.17     |
| 11.     | 8.68                      | 1'01355              | 15 48.3  | 30.53                  | + 6.64                | 20.20     |
| 21.     | 8.70                      | 1'01168              | 15 50.1  | 31.91                  | + 6.66                | 20.24     |
| 31.     | 8.72                      | 1'00953              | 15 52.4  | 33.28                  | + 6.57                | 20.28     |

# AUGUST 1951.

| AUGUST 1951.            |                 |                      |                                  |  |                                       |                      |                  |                         |               |                                  |
|-------------------------|-----------------|----------------------|----------------------------------|--|---------------------------------------|----------------------|------------------|-------------------------|---------------|----------------------------------|
| MJESEC                  |                 |                      |                                  |  |                                       | PLANETI              |                  |                         |               |                                  |
| Datum                   | U Zagrebu (SEV) |                      | Kulminacija<br>u Green-<br>wichu | Promjena<br>za 1 h<br>duljine                              | Starost<br>0 <sup>h</sup><br>svj. vr. | Oh svjetskog vremena |                  |                         |               | Kulminacija<br>u Green-<br>wichu |
|                         | Izlaz           | Zalaz                |                                  |  |                                       | Rektas-<br>cenzija   | Dekli-<br>nacija | Daljina<br>od<br>Zemlje | Polu-<br>mjer |                                  |
| h m                     | h m             | h m                  | m                                | d  |                                       | h m                  | "                | "                       | "             | h m                              |
| 1 2 34                  | 19 03           | 11 00.6              | 2.05                             | 27.7   |                                       |                      |                  |                         |               |                                  |
| 2 3 41                  | 19 31           | 11 48.8              | 1.96                             | 28.7   | 1 10 26                               | + 8 48               | 0.92             | 3.6                     | 13.51         |                                  |
| 3 4 50                  | 19 53           | 12 34.7              | 1.87                             | 0.1  | 11 10 54                              | + 3 56               | 0.78             | 4.3                     | 13.38         |                                  |
| 4 5 59                  | 20 12           | 13 18.6              | 1.80                             | 1.1  | 21 10 56                              | + 2 00               | 0.66             | 5.1                     | 13.00         |                                  |
| 5 7 08                  | 20 28           | 14 01.1              | 1.75                             | 2.1  |                                       |                      |                  |                         |               |                                  |
| 6 8 17                  | 20 44           | 14 43.2              | 1.76                             | 3.1  | 1 11 03                               | + 2 54               | 0.42             | 19.8                    | 14.26         |                                  |
| 7 9 27                  | 21 01           | 15 26.0              | 1.82                             | 4.1  | 11 11 09                              | + 0 04               | 0.36             | 23.3                    | 13.52         |                                  |
| 8 10 39                 | 21 19           | 16 10.9              | 1.93                             | 5.1  | 21 11 02                              | - 1 23               | 0.31             | 26.8                    | 13.05         |                                  |
| 9 11 55                 | 21 41           | 16 59.1              | 2.10                             | 6.1  |                                       |                      |                  |                         |               |                                  |
| 10 13 13                | 22 10           | 17 51.9              | 2.31                             | 7.1  |                                       |                      |                  |                         |               |                                  |
| 11 14 33                | 22 47           | 18 50.0              | 2.53                             | 8.1  | 1 7 21                                | + 23 00              | 2.51             | 1.9                     | 10.46         |                                  |
| 12 15 51                | 23 39           | 19 52.8              | 2.69                             | 9.1  | 11 7 49                               | + 22 02              | 2.49             | 1.9                     | 10.34         |                                  |
| 13 16 58                | —               | 20 58.1              | 2.72                             | 10.1   | 21 8 17                               | + 20 47              | 2.46             | 1.9                     | 10.22         |                                  |
| 14 17 51                | 0 46            | 22 02.7              | 2.63                             | 11.1   |                                       |                      |                  |                         |               |                                  |
| 15 18 30                | 2 07            | 23 03.6              | 2.44                             | 12.1   | 1 0 54                                | + 4 15               | 4.45             | 20.6                    | 4.18          |                                  |
| 16 19 00                | 3 33            | 23 59.8              | 2.24                             | 13.1   | 11 0 54                               | + 4 11               | 4.32             | 21.3                    | 3.39          |                                  |
| 17 19 23                | 4 59            | —                    | —                                | 14.1   | 21 0 53                               | + 4 00               | 4.20             | 21.9                    | 2.59          |                                  |
| 18 19 42                | 6 21            | 0 51.4               | 2.08                             | 15.1   |                                       |                      |                  |                         |               |                                  |
| 19 20 00                | 7 40            | 1 39.6               | 1.95                             | 16.1   | 1 11 59                               | + 2 31               | 10.13            | 7.4                     | 15.21         |                                  |
| 20 20 17                | 8 55            | 2 25.6               | 1.89                             | 17.1   | 11 12 02                              | + 2 07               | 10.25            | 7.3                     | 14.46         |                                  |
| 21 20 36                | 10 08           | 3 10.7               | 1.88                             | 18.1   | 21 12 06                              | + 1 40               | 10.36            | 7.2                     | 14.10         |                                  |
| 22 20 57                | 11 20           | 3 56.2               | 1.92                             | 19.1   |                                       |                      |                  |                         |               |                                  |
| 23 21 23                | 12 31           | 4 42.8               | 1.98                             | 20.1   | 1 6 50                                | + 23 17              | 19.75            | 1.7                     | 10.13         |                                  |
| 24 21 55                | 13 40           | 5 31.2               | 2.05                             | 21.1   | 11 6 52                               | + 23 14              | 19.66            | 1.7                     | 9.36          |                                  |
| 25 22 34                | 14 44           | 6 21.2               | 2.12                             | 22.1   | 21 6 54                               | + 23 12              | 19.55            | 1.8                     | 8.59          |                                  |
| 26 23 25                | 15 41           | 7 12.5               | 2.15                             | 23.1   |                                       |                      |                  |                         |               |                                  |
| 27 —                    | 16 27           | 8 04.1               | 2.14                             | 24.1   | 1 13 05                               | - 5 12               | 30.65            | 1.2                     | 16.28         |                                  |
| 28 0 22                 | 17 04           | 8 54.8               | 2.08                             | 25.1   | 11 13 06                              | - 5 17               | 30.80            | 1.2                     | 15.49         |                                  |
| 29 1 28                 | 17 34           | 9 43.8               | 2.00                             | 26.1   | 21 13 07                              | - 5 23               | 30.94            | 1.2                     | 15.10         |                                  |
| 30 2 36                 | 17 58           | 10 30.7              | 1.91                             | 27.1   |                                       |                      |                  |                         |               |                                  |
| 31 3 46                 | 18 18           | 11 15.5              | 1.84                             | 28.1   | 1 9 38                                | + 23 08              | 36.90            | —                       | 12.53         |                                  |
| M J E S E C             |                 |                      |                                  |  |                                       |                      |                  |                         |               |                                  |
| Mijene Mjeseca<br>(SEV) |                 | Perigej i Apogej     |                                  | Najmanja i najveća vrijednost<br>Horizontalna<br>paralaksa |                                       | Polumjer             |                  |                         |               |                                  |
| Aug. 2. ☾ 23h 39m       |                 | Aug. 15. 04h Perigej |                                  | 60' 34"  |                                       | 16' 30"              |                  |                         |               |                                  |
| 10. ☽ 13 22             |                 | Aug. 27. 03h Apogej  |                                  | 54' 10"  |                                       | 14' 45"              |                  |                         |               |                                  |
| 17. ☾ 03 59             |                 |                      |                                  |  |                                       |                      |                  |                         |               |                                  |
| 24. ☽ 11 20             |                 |                      |                                  |  |                                       |                      |                  |                         |               |                                  |



# RUJAN 1951.

| Oh SVJETSKOG VREMENA |               |             |         |                    |  |                                   |       |       |  |
|----------------------|---------------|-------------|---------|--------------------|--|-----------------------------------|-------|-------|--|
| Datum                | SUNCE         |             |         | Zvijezdano vrijeme | Jednadiha vremena: pravo vrijeme min u s srednje | Izlaz zalaz Sunca u Zagrebu (SEV) |       |       |  |
|                      | Rektascenzija | Deklinacija | Duljina |                    |  | Izlaz                             | Zalaz |       |  |
|                      |               |             |         |                    |  |                                   |       |       |  |
|                      | h m s         | ° ' "       | ° ' "   | h m s              | m s  | h m                               | h m   |       |  |
| 1                    | 10 37 44.1    | +           | 8 39 49 | 157 44.2           | 22 37 24.2                                       | - 0 19.9                          | 5 15  | 18 36 |  |
| 2                    | 10 41 22.0    |             | 8 18 06 | 158 42.3           | 22 41 20.7                                       | - 0 01.2                          | 5 16  | 18 34 |  |
| 3                    | 10 44 59.6    |             | 7 56 16 | 159 40.4           | 22 45 17.3                                       | + 0 17.0                          | 5 18  | 18 33 |  |
| 4                    | 10 48 37.0    |             | 7 34 18 | 160 38.6           | 22 49 13.8                                       | 0 37.0                            | 5 19  | 18 31 |  |
| 5                    | 10 52 13.9    |             | 7 12 13 | 161 36.7           | 22 53 10.4                                       | 0 55.5                            | 5 20  | 18 29 |  |
| 6                    | 10 55 50.7    | +           | 6 50 00 | 162 34.9           | 22 57 06.9                                       | + 1 16.3                          | 5 21  | 18 27 |  |
| 7                    | 10 59 27.2    |             | 6 27 42 | 163 33.1           | 23 01 03.5                                       | 1 36.3                            | 5 23  | 18 25 |  |
| 8                    | 11 03 03.5    |             | 6 05 17 | 164 31.4           | 23 05 00.1                                       | 1 56.5                            | 5 24  | 18 23 |  |
| 9                    | 11 06 39.6    |             | 5 42 46 | 165 29.6           | 23 08 56.6                                       | 2 17.0                            | 5 25  | 18 21 |  |
| 10                   | 11 10 15.5    |             | 5 20 09 | 166 27.9           | 23 12 53.2                                       | 2 37.6                            | 5 26  | 18 19 |  |
| 11                   | 11 13 51.3    | +           | 4 57 27 | 167 26.2           | 23 16 49.7                                       | + 2 58.5                          | 5 27  | 18 18 |  |
| 12                   | 11 17 26.8    |             | 4 34 40 | 168 24.6           | 23 20 46.3                                       | 3 19.4                            | 5 29  | 18 16 |  |
| 13                   | 11 21 02.3    |             | 4 11 49 | 169 22.9           | 23 24 42.9                                       | 3 40.5                            | 5 30  | 18 14 |  |
| 14                   | 11 24 37.6    |             | 3 48 53 | 170 21.3           | 23 28 39.4                                       | 4 01.7                            | 5 31  | 18 12 |  |
| 15                   | 11 28 12.9    |             | 3 25 54 | 171 19.7           | 23 32 36.0                                       | 4 23.0                            | 5 32  | 18 10 |  |
| 16                   | 11 31 48.1    | +           | 3 02 50 | 172 18.2           | 23 36 32.5                                       | + 4 44.4                          | 5 33  | 18 08 |  |
| 17                   | 11 35 23.3    |             | 2 39 43 | 173 16.7           | 23 40 29.1                                       | 5 05.8                            | 5 35  | 18 06 |  |
| 18                   | 11 38 58.4    |             | 2 16 33 | 174 15.2           | 23 44 25.6                                       | 5 27.2                            | 5 36  | 18 04 |  |
| 19                   | 11 42 33.6    |             | 1 53 20 | 175 13.7           | 23 48 22.2                                       | 5 48.6                            | 5 38  | 18 01 |  |
| 20                   | 11 46 08.8    |             | 1 30 04 | 176 12.3           | 23 52 18.7                                       | 6 09.9                            | 5 39  | 18 00 |  |
| 21                   | 11 59 44.0    | +           | 1 06 47 | 177 11.0           | 23 56 15.3                                       | + 6 31.2                          | 5 40  | 17 58 |  |
| 22                   | 11 53 19.4    |             | 0 43 27 | 178 09.6           | 0 00 11.8  | 6 52.4                            | 5 42  | 17 56 |  |
| 23                   | 11 56 54.8    | +           | 0 20 06 | 179 08.3           | 0 04 08.4  | 7 13.6                            | 5 43  | 17 54 |  |
| 24                   | 12 00 30.3    | -           | 0 03 16 | 180 07.1           | 0 08 04.9  | 7 34.6                            | 5 44  | 17 52 |  |
| 25                   | 12 04 06.0    |             | 0 26 40 | 181 05.8           | 0 12 01.5  | 7 55.5                            | 5 45  | 17 50 |  |
| 26                   | 12 07 41.9    | -           | 0 50 03 | 182 04.6           | 0 15 58.0  | + 8 16.2                          | 5 46  | 17 48 |  |
| 27                   | 12 11 18.0    |             | 1 13 27 | 183 03.5           | 0 19 54.6  | 8 36.7                            | 5 48  | 17 46 |  |
| 28                   | 12 14 54.1    |             | 1 36 51 | 184 02.4           | 0 23 51.2  | 8 57.0                            | 5 49  | 17 44 |  |
| 29                   | 12 18 30.6    |             | 2 06 14 | 185 01.3           | 0 27 47.7  | 9 17.2                            | 5 50  | 17 42 |  |
| 30                   | 12 22 07.2    |             | 2 23 36 | 186 00.2           | 0 31 44.3  | 9 37.0                            | 5 51  | 17 40 |  |

|         | Horizontalna paralaksa | Daljina od Zemlje | Polumjer | Precesija u duljini | Nutacija u duljini | Aberacija |
|---------|------------------------|-------------------|----------|---------------------|--------------------|-----------|
| Sep. 1. | 8.72                   | 1.00930           | 15 52.3  | + 33.42             | + 6.55             | 20.28     |
| 11.     | 8.74                   | 1.00675           | 15 54.7  | 34.80               | + 6.34             | 20.33     |
| 21.     | 8.76                   | 1.00404           | 15 57.3  | 36.17               | + 6.07             | 20.39     |
| 30.     | 8.79                   | 1.00154           | 15 59.7  | 37.41               | + 5.81             | 20.44     |

# SEPTEMBAR 1951.

| M J E S E C             |                 |       |                                  |                               |                        | P L A N E T I                 |                  |                         |               |                                  |       |
|-------------------------|-----------------|-------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------|---------------|----------------------------------|-------|
| Datum                   | U Zagrebu (SEV) |       | Kulminacija<br>u Green-<br>wichu | Promjena<br>za 1 h<br>duljine | Stanov. 0h<br>s v. vr. | Ob svjetskog vremena          |                  |                         |               | Kulminacija<br>u Green-<br>wichu |       |
|                         | Izlaz           | Zalaz |                                  |                               |                        | Rektas-<br>cenzija            | Dekli-<br>nacija | Daljina<br>od<br>Zemlje | Polu-<br>mjer |                                  |       |
|                         | h m             | h m   | h m                              | m                             | d                      | M E R K U R                   |                  |                         |               |                                  |       |
| 1                       | 4 56            | 18 35 | 11 58.9                          | 1.79                          | 29.1                   |                               | h m              | o ' "                   | "             | h m                              |       |
| 2                       | 6 06            | 18 51 | 12 41.7                          | 1.78                          | 0.5                    | 1                             | 10 27            | + 5 30                  | 0.63          | 5.3                              | 11 46 |
| 3                       | 7 17            | 19 07 | 13 24.8                          | 1.82                          | 1.5                    | 11                            | 10 14            | + 9 58                  | 0.79          | 4.2                              | 10 56 |
| 4                       | 8 29            | 19 25 | 14 09.4                          | 1.91                          | 2.5                    | 21                            | 10 50            | + 8 56                  | 1.06          | 3.1                              | 10 54 |
| 5                       | 9 45            | 19 46 | 14 56.8                          | 2.05                          | 3.5                    |                               |                  |                         |               |                                  |       |
| 6                       | 11 03           | 20 12 | 15 48.1                          | 2.23                          | 4.5                    | 1                             | 10 40            | - 0 46                  | 0.29          | 29.3                             | 12 00 |
| 7                       | 12 22           | 20 46 | 16 44.0                          | 2.42                          | 5.5                    | 11                            | 10 19            | + 1 29                  | 0.29          | 28.8                             | 10 50 |
| 8                       | 13 40           | 21 32 | 17 44.2                          | 2.58                          | 6.5                    | 21                            | 10 07            | + 3 59                  | 0.32          | 26.0                             | 10 09 |
| 9                       | 14 38           | 22 33 | 18 47.1                          | 2.64                          | 7.5                    |                               |                  |                         |               |                                  |       |
| 10                      | 15 46           | 24 47 | 19 50.2                          | 2.59                          | 8.5                    |                               |                  |                         |               |                                  |       |
| 11                      | 16 28           | —     | 20 50.8                          | 2.45                          | 9.5                    | 1                             | 8 46             | + 19 09                 | 2.42          | 1.9                              | 10 08 |
| 12                      | 17 00           | 1 09  | 21 47.3                          | 2.27                          | 10.5                   | 11                            | 9 11             | + 17 26                 | 2.38          | 2.0                              | 9 54  |
| 13                      | 17 24           | 2 33  | 22 39.7                          | 2.11                          | 11.5                   | 21                            | 9 36             | + 15 34                 | 2.34          | 2.0                              | 9 40  |
| 14                      | 17 45           | 3 55  | 23 28.7                          | 1.99                          | 12.5                   |                               |                  |                         |               |                                  |       |
| 15                      | 18 03           | 5 14  | —                                | —                             | 13.5                   | 1                             | 0 50             | + 3 40                  | 4.06          | 22.5                             | 2 12  |
| 16                      | 18 20           | 6 30  | 0 15.4                           | 1.92                          | 14.5                   | 11                            | 0 46             | + 3 15                  | 4.02          | 22.9                             | 1 29  |
| 17                      | 18 39           | 7 45  | 1 01.1                           | 1.90                          | 15.5                   | 21                            | 0 42             | + 2 46                  | 3.97          | 23.2                             | 0 46  |
| 18                      | 18 59           | 9 00  | 1 47.0                           | 1.93                          | 16.5                   |                               |                  |                         |               |                                  |       |
| 19                      | 19 23           | 10 12 | 2 33.8                           | 1.98                          | 17.5                   | 1                             | 12 11            | + 1 10                  | 10.44         | 7.1                              | 13 32 |
| 20                      | 19 53           | 11 24 | 3 22.3                           | 2.06                          | 18.5                   | 11                            | 12 15            | + 0 41                  | 10.50         | 7.1                              | 12 56 |
| 21                      | 20 29           | 12 31 | 4 12.4                           | 2.12                          | 19.5                   | 21                            | 12 20            | + 0 12                  | 10.53         | 7.1                              | 12 22 |
| 22                      | 21 16           | 13 30 | 5 03.9                           | 2.16                          | 20.5                   |                               |                  |                         |               |                                  |       |
| 23                      | 22 11           | 14 22 | 5 55.7                           | 2.15                          | 21.5                   | 1                             | 6 56             | + 23 09                 | 19.40         | 1.8                              | 8 18  |
| 24                      | 23 13           | 15 02 | 6 46.8                           | 2.10                          | 22.5                   | 11                            | 6 58             | + 23 07                 | 19.26         | 1.8                              | 7 40  |
| 25                      | —               | 15 36 | 7 36.4                           | 2.02                          | 23.5                   | 21                            | 6 59             | + 23 06                 | 19.10         | 1.8                              | 7 02  |
| 26                      | 0 21            | 16 01 | 8 23.9                           | 1.94                          | 24.5                   |                               |                  |                         |               |                                  |       |
| 27                      | 1 30            | 16 22 | 9 09.4                           | 1.86                          | 25.5                   | 1                             | 13 08            | - 5 30                  | 31.07         | 1.2                              | 14 28 |
| 28                      | 2 40            | 16 40 | 9 53.4                           | 1.81                          | 26.5                   | 11                            | 13 09            | - 5 38                  | 31.16         | 1.2                              | 13 50 |
| 29                      | 3 50            | 16 57 | 10 36.6                          | 1.80                          | 27.5                   | 21                            | 13 11            | - 5 46                  | 31.23         | 1.2                              | 13 12 |
| 30                      | 5 01            | 17 14 | 11 20.0                          | 1.83                          | 28.5                   |                               |                  |                         |               |                                  |       |
|                         |                 |       |                                  |                               |                        | 1                             | 9 41             | + 22 52                 | 36.85         | —                                | 11 02 |
| M J E S E C             |                 |       |                                  |                               |                        |                               |                  |                         |               |                                  |       |
| Mijene Mjeseca<br>(SEV) |                 |       | Perigej i Apogej                 |                               |                        | Najmanja i najveća vrijednost |                  |                         |               |                                  |       |
|                         |                 |       |                                  |                               |                        | Horizontalna<br>paralaksa     |                  | Polumjer                |               |                                  |       |
| Sep. 1. ☉ 13h 49m       |                 |       | Sep. 11. 20h Perigej             |                               |                        | 59' 40"                       |                  | 16' 16"                 |               |                                  |       |
| 8. ☾ 19 16              |                 |       | Sept. 23. 21h Apogej             |                               |                        | 54' 14"                       |                  | 14' 47"                 |               |                                  |       |
| 15. ☉ 13 38             |                 |       |                                  |                               |                        |                               |                  |                         |               |                                  |       |
| 23. ☾ 05 13             |                 |       |                                  |                               |                        |                               |                  |                         |               |                                  |       |

# LISTOPAD 1951.

| Oh SVJETSKOG VREMENA   |               |                   |          |                     |  |                                     |       |       |     |
|------------------------|---------------|-------------------|----------|---------------------|--|-------------------------------------|-------|-------|-----|
| Datum                  | SUNCE         |                   |          |                     |  | Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV) |       |       |     |
|                        | Rektascenzija |                   |          | Zvezdano vrijeme    | Jednadžba vremena: pravo vrijeme minus srednje | Izlaz                               |       | Zalaz |     |
|                        | h m s         | ° ' "             | ° ' "    |                     |  | h m                                 | h m   | h m   | h m |
| 1                      | 12 25 41.1    | — 2 46 57         | 186 59.2 | 0 35 40.8           | + 9 56.7                                       | 5 52                                | 17 39 |       |     |
| 2                      | 12 29 21.3    | 3 10 16           | 187 58.3 | 0 39 37.3           | 10 16.0  | 5 54                                | 17 37 |       |     |
| 3                      | 12 32 58.8    | 3 33 33           | 188 57.3 | 0 43 33.9           | 10 35.1  | 5 55                                | 17 34 |       |     |
| 4                      | 12 36 36.6    | 3 56 48           | 189 56.4 | 0 47 30.4           | 10 53.9  | 5 57                                | 17 32 |       |     |
| 5                      | 12 40 14.7    | 4 20 00           | 190 55.5 | 0 51 27.0           | 11 12.3  | 5 58                                | 17 30 |       |     |
| 6                      | 12 43 53.1    | — 4 43 08         | 191 54.7 | 0 55 23.6           | + 11 30.5                                      | 6 00                                | 17 28 |       |     |
| 7                      | 12 47 31.9    | 5 06 13           | 192 53.9 | 0 59 20.1           | 11 48.2  | 6 01                                | 17 27 |       |     |
| 8                      | 12 51 11.0    | 5 29 14           | 193 53.1 | 1 03 16.7           | 12 05.6  | 6 02                                | 17 25 |       |     |
| 9                      | 12 54 50.6    | 5 52 10           | 194 52.3 | 1 07 13.2           | 12 22.6  | 6 03                                | 17 23 |       |     |
| 10                     | 12 58 30.5    | 6 15 02           | 195 51.6 | 1 11 09.8           | 12 39.2  | 6 05                                | 17 21 |       |     |
| 11                     | 13 02 10.9    | — 6 37 49         | 196 50.9 | 1 15 06.4           | + 12 55.4                                      | 6 06                                | 17 19 |       |     |
| 12                     | 13 05 51.8    | 7 00 31           | 197 50.2 | 1 19 02.9           | 13 11.1  | 6 07                                | 17 17 |       |     |
| 13                     | 13 09 33.1    | 7 23 06           | 198 49.5 | 1 22 59.5           | 13 26.4  | 6 09                                | 17 16 |       |     |
| 14                     | 13 13 14.9    | 7 45 36           | 199 48.9 | 1 26 56.0           | 13 41.2  | 6 10                                | 17 14 |       |     |
| 15                     | 13 16 57.2    | 8 07 59           | 200 48.4 | 1 30 52.6           | 13 55.4  | 6 11                                | 17 12 |       |     |
| 16                     | 13 20 40.0    | — 8 30 15         | 201 47.8 | 1 34 49.1           | + 14 09.1                                      | 6 13                                | 17 10 |       |     |
| 17                     | 13 24 23.5    | 8 52 24           | 202 47.3 | 1 38 45.7           | 14 22.2  | 6 14                                | 17 09 |       |     |
| 18                     | 13 28 07.5    | 9 14 26           | 203 46.8 | 1 42 42.2           | 14 36.8  | 6 15                                | 17 07 |       |     |
| 19                     | 13 31 52.1    | 9 36 20           | 204 46.4 | 1 46 38.8           | 14 46.7  | 6 16                                | 17 05 |       |     |
| 20                     | 13 35 37.3    | 9 58 06           | 205 46.0 | 1 50 35.3           | 14 58.0  | 6 18                                | 17 03 |       |     |
| 21                     | 13 39 23.2    | — 10 19 42        | 206 45.6 | 1 54 31.9           | + 15 08.7                                      | 6 20                                | 17 01 |       |     |
| 22                     | 13 43 09.7    | 10 41 10          | 207 45.3 | 1 58 28.4           | 15 18.8  | 6 21                                | 16 59 |       |     |
| 23                     | 13 46 56.9    | 11 02 29          | 208 45.0 | 2 02 25.0           | 15 28.1  | 6 23                                | 16 58 |       |     |
| 24                     | 13 50 44.8    | 11 23 38          | 209 44.8 | 2 06 21.6           | 15 36.8  | 6 24                                | 16 56 |       |     |
| 25                     | 13 54 33.4    | 11 44 36          | 210 44.5 | 2 10 18.1           | 15 44.7  | 6 26                                | 16 54 |       |     |
| 26                     | 13 58 22.7    | — 12 05 24        | 211 44.4 | 2 14 14.7           | + 15 52.0                                      | 6 27                                | 16 53 |       |     |
| 27                     | 14 02 12.7    | 12 26 01          | 212 44.2 | 2 18 11.2           | 15 58.5  | 6 28                                | 16 51 |       |     |
| 28                     | 14 06 03.5    | 12 46 27          | 213 44.1 | 2 22 07.8           | 16 04.2  | 6 30                                | 16 50 |       |     |
| 29                     | 14 09 55.1    | 13 06 40          | 214 44.1 | 2 26 04.3           | 16 09.2  | 6 31                                | 16 48 |       |     |
| 30                     | 14 13 47.4    | 13 26 41          | 215 44.0 | 2 30 00.9           | 16 13.5  | 6 32                                | 16 47 |       |     |
| 31                     | 14 17 40.5    | — 13 46 30        | 216 44.0 | 2 33 57.4           | + 16 17.0                                      | 6 34                                | 16 45 |       |     |
| Horizontalna paralaksa |               | Daljina od Zemlje | Polumjer | Procesija u duljini | Rotacija u duljini                             | Aberracija                          |       |       |     |
| Okt. 1.                |               | 8.79              | 1'00.25  | 16 00.0             | + 37.55  | + 5.78                              | 20.44 |       |     |
| 11.                    |               | 8.81              | 0.99833  | 16 02.8             | 38.93  | + 5.53                              | 20.50 |       |     |
| 21.                    |               | 8.84              | 0.99550  | 16 05.5             | 40.30  | + 5.36                              | 20.56 |       |     |
| 31.                    |               | 8.86              | 0.99283  | 16 08.1             | 41.68  | + 5.31                              | 20.62 |       |     |

# OKTOBAR 1951

| M J E S E C          |                                 |       |                                 |                                    |                                 | PLANETI              |                  |                         |               |                                  |  |
|----------------------|---------------------------------|-------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------------------|------------------|-------------------------|---------------|----------------------------------|--|
| Datum                | U Zagrebu (SEV)                 |       | Kulminacija u Greenwichu        | Promjena za 1 <sup>h</sup> duljine | Starost 0 <sup>h</sup> svj. vr. | Oh svjetskog vremena |                  |                         |               |                                  |  |
|                      | Izlaz                           | Zalaz |                                 |                                    |                                 | Rektas-<br>cenzija   | Dekli-<br>nacija | Daljina<br>od<br>Zemlje | Polu-<br>mjer | Kulminacija<br>u Green-<br>wichu |  |
|                      | h m                             | h m   | h m                             | m                                  | d                               | MEREUR               |                  |                         |               |                                  |  |
| 1                    | 6 14                            | 17 31 | 12 04.8                         | 1.91                               | 29.5                            |                      | h m              | ° ' "                   | "             | h m                              |  |
| 2                    | 7 29                            | 17 51 | 12 52.2                         | 2.05                               | 0.9                             | 1 11 52              | + 2 51           | 1.28                    | 2.6           | 11 18                            |  |
| 3                    | 8 46                            | 18 16 | 13 44.3                         | 2.22                               | 1.9                             | 11 12 57             | — 4 45           | 1.40                    | 2.4           | 11 43                            |  |
| 4                    | 10 09                           | 18 48 | 14 38.7                         | 2.40                               | 2.9                             | 21 13 59             | — 11 55          | 1.43                    | 2.3           | 12 05                            |  |
| 5                    | 11 29                           | 19 30 | 15 38.4                         | 2.55                               | 3.9                             | VENERA               |                  |                         |               |                                  |  |
| 6                    | 12 41                           | 20 27 | 16 40.9                         | 2.63                               | 4.9                             | 1 10 11              | + 5 37           | 0.37                    | 22.5          | 9.35                             |  |
| 7                    | 13 41                           | 21 36 | 17 43.7                         | 2.58                               | 5.9                             | 11 10 28             | + 6 00           | 0.44                    | 19.2          | 9.13                             |  |
| 8                    | 14 27                           | 22 54 | 18 44.1                         | 2.44                               | 6.9                             | 21 10 54             | + 5 10           | 0.55                    | 16.6          | 8.59                             |  |
| 9                    | 15 01                           | —     | 19 40.6                         | 2.27                               | 7.9                             | MARS                 |                  |                         |               |                                  |  |
| 10                   | 15 28                           | 0 16  | 20 32.9                         | 2.10                               | 8.9                             | 1 10 01              | + 13 33          | 2.29                    | 2.0           | 9.24                             |  |
| 11                   | 15 49                           | 1 37  | 21 21.7                         | 1.98                               | 9.9                             | 11 10 24             | + 11 25          | 2.23                    | 2.1           | 9.09                             |  |
| 12                   | 16 08                           | 2 56  | 22 08.1                         | 1.90                               | 10.9                            | 21 10 47             | + 9 13           | 2.16                    | 2.2           | 8.52                             |  |
| 13                   | 16 25                           | 4 11  | 22 53.3                         | 1.88                               | 11.9                            | JUPITER              |                  |                         |               |                                  |  |
| 14                   | 16 43                           | 5 25  | 23 38.6                         | 1.90                               | 12.9                            | 1 0 37               | + 2 14           | 3.95                    | 23.3          | 23.57                            |  |
| 15                   | 17 02                           | 6 38  | —                               | —                                  | 13.9                            | 11 0 32              | + 1 43           | 3.96                    | 23.2          | 23.13                            |  |
| 16                   | 17 24                           | 7 51  | 0 24.9                          | 1.96                               | 14.9                            | 21 0 28              | + 1 14           | 4.00                    | 23.0          | 22.29                            |  |
| 17                   | 17 52                           | 9 04  | 1 12.9                          | 2.04                               | 15.9                            | SATURN               |                  |                         |               |                                  |  |
| 18                   | 18 25                           | 10 14 | 2 02.8                          | 2.12                               | 16.9                            | 1 12 24              | — 0 17           | 10.54                   | 7.1           | 11.47                            |  |
| 19                   | 19 08                           | 11 18 | 2 54.3                          | 2.16                               | 17.9                            | 11 12 29             | — 0 46           | 10.53                   | 7.1           | 11.12                            |  |
| 20                   | 20 01                           | 12 13 | 3 46.4                          | 2.17                               | 18.9                            | 21 12 33             | — 1 14           | 10.49                   | 7.1           | 10.37                            |  |
| 21                   | 21 00                           | 12 58 | 4 38.1                          | 2.13                               | 19.9                            | URAN                 |                  |                         |               |                                  |  |
| 22                   | 22 05                           | 13 33 | 5 28.2                          | 2.05                               | 20.9                            | 1 7 00               | + 23 05          | 18.93                   | 1.8           | 6.24                             |  |
| 23                   | 23 13                           | 14 02 | 6 16.2                          | 1.95                               | 21.9                            | 11 7 01              | + 23 04          | 18.76                   | 1.8           | 5.45                             |  |
| 24                   | —                               | 14 25 | 7 02.0                          | 1.86                               | 22.9                            | 21 7 01              | + 23 04          | 18.59                   | 1.8           | 5.06                             |  |
| 25                   | 0 21                            | 14 44 | 7 45.9                          | 1.81                               | 23.9                            | NEPTUN               |                  |                         |               |                                  |  |
| 26                   | 1 30                            | 15 01 | 8 28.9                          | 1.78                               | 24.9                            | 1 13 12              | — 5 54           | 31.28                   | 1.2           | 12.34                            |  |
| 27                   | 2 40                            | 15 17 | 9 11.8                          | 1.80                               | 25.9                            | 11 13 13             | — 6 02           | 31.30                   | 1.2           | 11.56                            |  |
| 28                   | 3 52                            | 15 35 | 9 55.9                          | 1.88                               | 26.9                            | 21 13 15             | — 6 11           | 31.29                   | 1.2           | 11.18                            |  |
| 29                   | 5 07                            | 15 54 | 10 42.5                         | 2.01                               | 27.9                            | PLUTON (1950.0)      |                  |                         |               |                                  |  |
| 30                   | 6 25                            | 16 17 | 11 32.8                         | 2.19                               | 28.9                            | 1 9 45               | + 22 42          | 36.56                   | —             | 9.08                             |  |
| 31                   | 7 47                            | 16 47 | 12 27.8                         | 2.40                               | 0.4                             | M J E S E C          |                  |                         |               |                                  |  |
| Mijene Mjeseca (SEV) |                                 |       | Perigej i Apogej                |                                    | Najmanja i najveća vrijednosti  |                      |                  |                         |               |                                  |  |
|                      |                                 |       |                                 |                                    | Horizontalna paralaksa          |                      |                  | Polumjer                |               |                                  |  |
| Okt. 1.              | 02 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> |       |                                 |                                    |                                 |                      |                  |                         |               |                                  |  |
| 8.                   | 01 00                           |       | Okt. 7. 07 <sup>h</sup> Perigej |                                    | 59' 17"                         |                      |                  | 16' 09"                 |               |                                  |  |
| 15.                  | 01 51                           |       | Okt. 21. 17 <sup>h</sup> Apogej |                                    | 54' 13"                         |                      |                  | 14' 46"                 |               |                                  |  |
| 23.                  | 00 55                           |       |                                 |                                    |                                 |                      |                  |                         |               |                                  |  |
| 30.                  | 14 54                           |       |                                 |                                    |                                 |                      |                  |                         |               |                                  |  |



# STUDENI 1951.

| Ob SVJETSKOG VREMENA |               |             |          |                       |  |       | Izlaz i zalaz<br>Sunca<br>u Zagrebu<br>(SEV) |  |
|----------------------|---------------|-------------|----------|-----------------------|--|-------|--|--|
| Datum                | SUNCE         |             |          | Zvezdano<br>vrijeme * | Jednadžba<br>vremena:<br>pravi vrijeme<br>minus<br>srednje |       |  |  |
|                      | Rektascenzija | Deklinacija | Duljina  |                       |  | Izlaz | Zalaz  |  |
|                      | h m s         | ° ' "       | ° ' "    |                       |  | h m   | h m  |  |
| 1                    | 14 21 34.4    | -14 06 05   | 217 44.0 | 2 37 54.0             | +16 19.6   | 6 35  | 16 42  |  |
| 2                    | 14 25 29.0    | 14 25 27    | 218 44.1 | 2 41 50.5             | 16 21.6  | 6 36  | 16 41  |  |
| 3                    | 14 29 24.5    | 14 44 35    | 219 44.2 | 2 45 47.1             | 16 22.7  | 6 38  | 16 41  |  |
| 4                    | 14 33 20.7    | 15 03 28    | 220 44.3 | 2 49 43.7             | 16 23.0  | 6 39  | 16 40  |  |
| 5                    | 14 37 17.7    | 15 22 07    | 221 44.4 | 2 53 40.2             | 16 22.5  | 6 40  | 16 38  |  |
| 6                    | 14 41 15.5    | -15 40 30   | 222 44.6 | 2 57 36.8             | +16 21.3   | 6 42  | 16 36  |  |
| 7                    | 14 45 14.2    | 15 58 38    | 223 44.8 | 3 01 33.3             | 16 19.2  | 6 44  | 16 35  |  |
| 8                    | 14 49 13.6    | 16 16 29    | 224 45.0 | 3 05 29.9             | 16 16.3  | 6 46  | 16 33  |  |
| 9                    | 14 53 13.9    | 16 34 04    | 225 45.2 | 3 09 26.4             | 16 12.6  | 6 47  | 16 32  |  |
| 10                   | 14 57 15.0    | 16 51 22    | 226 45.5 | 3 13 23.0             | 16 08.0  | 6 48  | 16 31  |  |
| 11                   | 15 01 16.9    | -17 08 23   | 227 45.8 | 3 17 19.6             | +16 02.6   | 6 50  | 16 30  |  |
| 12                   | 15 05 19.7    | 17 25 06    | 228 46.1 | 3 21 16.1             | 15 56.4  | 6 51  | 16 29  |  |
| 13                   | 15 09 23.3    | 17 41 32    | 229 46.5 | 3 25 12.7             | 15 49.4  | 6 52  | 16 27  |  |
| 14                   | 15 13 27.7    | 17 57 39    | 230 46.8 | 3 29 09.2             | 15 41.5  | 6 54  | 16 26  |  |
| 15                   | 15 17 33.0    | 18 13 27    | 231 47.2 | 3 33 05.8             | 15 32.7  | 6 55  | 16 25  |  |
| 16                   | 15 21 39.2    | -18 28 56   | 232 47.6 | 3 37 02.3             | +15 23.1   | 6 57  | 16 24  |  |
| 17                   | 15 25 46.2    | 18 44 06    | 233 48.1 | 3 40 59.0             | 15 12.7  | 6 58  | 16 23  |  |
| 18                   | 15 29 54.1    | 18 58 56    | 234 48.6 | 3 44 55.5             | 15 01.4  | 6 59  | 16 22  |  |
| 19                   | 15 34 02.8    | 19 13 26    | 235 49.1 | 3 48 52.0             | 14 49.2  | 7 01  | 16 21  |  |
| 20                   | 15 38 12.3    | 19 27 35    | 236 49.6 | 3 52 48.6             | 14 36.2  | 7 02  | 16 21  |  |
| 21                   | 15 42 22.7    | -19 41 23   | 237 50.2 | 3 56 45.1             | +14 22.4   | 7 03  | 16 20  |  |
| 22                   | 15 46 33.9    | 19 54 50    | 238 50.8 | 4 00 41.7             | 14 07.7  | 7 05  | 16 19  |  |
| 23                   | 15 50 46.0    | 20 07 55    | 239 51.4 | 4 04 38.2             | 13 52.3  | 7 06  | 16 18  |  |
| 24                   | 15 54 58.8    | 20 20 38    | 240 52.1 | 4 08 34.8             | 13 36.0  | 7 07  | 16 17  |  |
| 25                   | 15 59 12.5    | 20 32 58    | 241 52.8 | 4 12 31.3             | 13 18.9  | 7 09  | 16 16  |  |
| 26                   | 16 03 26.9    | -20 44 56   | 242 53.5 | 4 16 27.9             | +13 01.0   | 7 10  | 16 16  |  |
| 27                   | 16 07 42.2    | 20 56 30    | 243 54.2 | 4 20 24.4             | 12 42.3  | 7 12  | 16 15  |  |
| 28                   | 16 11 58.1    | 21 07 41    | 244 55.0 | 4 24 21.0             | 12 22.9  | 7 13  | 16 14  |  |
| 29                   | 16 16 14.8    | 21 18 28    | 245 55.8 | 4 28 17.6             | 12 02.8  | 7 14  | 16 13  |  |
| 30                   | 16 20 32.2    | 21 28 50    | 246 56.6 | 4 32 14.1             | 11 42.0  | 7 16  | 16 13  |  |

|         | Horizontalna<br>paralaksa | Duljina<br>od Zemlje | Polumjer | Procesija<br>u duljini | Nutacija<br>u duljini | Aberacija |
|---------|---------------------------|----------------------|----------|------------------------|-----------------------|-----------|
| Nov. 1. | 8.86                      | 0.99257              | 16 08.4  | +41.82                 | +5.32                 | 20.62     |
| 11.     | 8.88                      | 0.99004              | 16 16.8  | 43.19                  | +5.43                 | 20.67     |
| 21.     | 8.91                      | 0.98788              | 16 13.0  | 44.57                  | +5.71                 | 20.72     |
| 30.     | 8.82                      | 0.98627              | 16 14.6  | 45.81                  | +6.08                 | 20.76     |

# NOVEMBAR 1951.

| M J E S E C |                 |       |                                  |                               |                                    | P L A N E T I |                      |                  |                         |               |                                  |  |
|-------------|-----------------|-------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------|----------------------|------------------|-------------------------|---------------|----------------------------------|--|
| Datum       | U Zagrebu (SEV) |       | Kulminacija<br>u Green-<br>wichu | Promjena<br>za 1 h<br>daljine | Starost 0 <sup>h</sup><br>svj. vr. | Datum         | Ob svjetskog vremena |                  |                         |               | Kulminacija<br>u Green-<br>wichu |  |
|             | Izlaz           | Zalaz |                                  |                               |                                    |               | Rektas-<br>cenzija   | Dekli-<br>nacija | Daljina<br>od<br>Zemlje | Polu-<br>mjer |                                  |  |
|             | h m             | h m   | h m                              | m                             | d                                  |               | M E R K U R          |                  |                         |               |                                  |  |
| 1           | 9 50            | 17 26 | 13 27.8                          | 2.59                          | 1.4                                |               | h m                  | ° ' "            | "                       | h m           |                                  |  |
| 2           | 10 29           | 18 19 | 14 31.4                          | 2.69                          | 2.4                                | 1             | 15 06                | - 18 31          | 1.40                    | 2.4           | 12 29                            |  |
| 3           | 11 34           | 19 26 | 15 36.0                          | 2.66                          | 3.4                                | 11            | 16 07                | - 22 55          | 1.31                    | 2.6           | 12 51                            |  |
| 4           | 12 26           | 20 44 | 16 38.5                          | 2.52                          | 4.4                                | 21            | 17 07                | - 25 24          | 1.16                    | 2.9           | 13 11                            |  |
| 5           | 13 03           | 22 05 | 17 38.7                          | 2.32                          | 5.4                                |               | V E N E R A          |                  |                         |               |                                  |  |
| 6           | 13 32           | 23 25 | 18 30.0                          | 2.13                          | 6.4                                | 1             | 11 30                | + 3 04           | 0.59                    | 14.3          | 8 52                             |  |
| 7           | 13 55           | —     | 19 19.1                          | 1.98                          | 7.4                                | 11            | 12 06                | + 0 19           | 0.66                    | 12.7          | 8 48                             |  |
| 8           | 14 13           | 0 44  | 20 05.3                          | 1.88                          | 8.4                                | 21            | 12 44                | - 3 00           | 0.74                    | 11.4          | 8 48                             |  |
| 9           | 14 31           | 1 59  | 20 49.8                          | 1.84                          | 9.4                                |               | M A R S              |                  |                         |               |                                  |  |
| 10          | 14 48           | 3 12  | 21 34.1                          | 1.86                          | 10.4                               | 1             | 11 12                | + 6 44           | 2.08                    | 2.2           | 8 34                             |  |
| 11          | 15 06           | 4 24  | 22 19.2                          | 1.91                          | 11.4                               | 11            | 11 34                | + 4 28           | 2.01                    | 2.3           | 8 16                             |  |
| 12          | 15 27           | 5 36  | 23 05.9                          | 1.99                          | 12.4                               | 21            | 11 56                | + 2 12           | 1.93                    | 2.4           | 7 58                             |  |
| 13          | 15 53           | 6 48  | 23 54.8                          | 2.08                          | 13.4                               |               | J U P I T E R        |                  |                         |               |                                  |  |
| 14          | 16 24           | 7 58  | —                                | —                             | 14.4                               | 1             | 0 23                 | + 0 48           | 4.08                    | 22.5          | 21 42                            |  |
| 15          | 17 03           | 9 05  | 0 45.7                           | 2.15                          | 15.4                               | 11            | 0 20                 | + 0 31           | 4.18                    | 22.0          | 20 59                            |  |
| 16          | 17 52           | 10 03 | 1 37.8                           | 2.18                          | 16.4                               | 21            | 0 19                 | + 0 22           | 4.30                    | 21.4          | 20 18                            |  |
| 17          | 18 49           | 10 53 | 2 29.9                           | 2.15                          | 17.4                               |               | S A T U R N          |                  |                         |               |                                  |  |
| 18          | 19 53           | 11 31 | 3 20.8                           | 2.08                          | 18.4                               | 1             | 12 38                | - 1 43           | 10.41                   | 7.2           | 9 59                             |  |
| 19          | 20 59           | 12 02 | 4 09.4                           | 1.98                          | 19.4                               | 11            | 12 42                | - 2 07           | 10.32                   | 7.2           | 9 23                             |  |
| 20          | 22 06           | 12 26 | 4 55.6                           | 1.88                          | 20.4                               | 21            | 12 46                | - 2 30           | 10.21                   | 7.3           | 8 48                             |  |
| 21          | 23 14           | 12 46 | 5 39.5                           | 1.79                          | 21.4                               |               | U R A N              |                  |                         |               |                                  |  |
| 22          | —               | 13 04 | 6 21.9                           | 1.75                          | 22.4                               | 1             | 7 01                 | + 23 05          | 18.41                   | 1.9           | 4 22                             |  |
| 23          | 0 21            | 13 20 | 7 03.7                           | 1.73                          | 23.4                               | 11            | 7 00                 | + 23 06          | 18.26                   | 1.9           | 3 42                             |  |
| 24          | 1 30            | 13 37 | 7 46.1                           | 1.80                          | 24.4                               | 21            | 6 59                 | + 23 08          | 18.12                   | 1.9           | 3 02                             |  |
| 25          | 2 42            | 13 55 | 8 30.9                           | 1.92                          | 25.4                               |               | N E P T U N          |                  |                         |               |                                  |  |
| 26          | 3 57            | 14 16 | 9 18.4                           | 2.09                          | 26.4                               | 1             | 13 18                | - 6 20           | 31.24                   | 1.2           | 10 35                            |  |
| 27          | 5 17            | 14 42 | 10 11.1                          | 2.31                          | 27.4                               | 11            | 13 17                | - 6 27           | 31.18                   | 1.2           | 9 58                             |  |
| 28          | 6 41            | 15 16 | 11 09.5                          | 2.55                          | 28.4                               | 21            | 13 19                | - 6 34           | 31.08                   | 1.2           | 9 20                             |  |
| 29          | 8 04            | 16 05 | 12 13.1                          | 2.73                          | 0.0                                |               | P L U T O N (1950.0) |                  |                         |               |                                  |  |
| 30          | 9 18            | 17 08 | 13 19.8                          | 2.78                          | 1.0                                | 1             | 9 47                 | + 22 40          | 36.07                   | —             | 7 08                             |  |

| M J E S E C             |  |                      |  |
|-------------------------|--|----------------------|--|
| Mijene Mjeseca<br>(SEV) |  | Perigej i Apogej     |  |
| Nov. 6. 3 07h 59m       |  | Nov. 2. 13h Perigej  |  |
| 13. 16 52               |  | Nov. 18. 13h Apogej  |  |
| 21. 21 01               |  | Nov. 30. 13h Perigej |  |
| 29. 02 00               |  |                      |  |

| Najmanja i najveća vrijednost |           |
|-------------------------------|-----------|
| Horizontalna<br>paralaksa     | paralaksa |
| 59' 56"                       | 16' 20"   |
| 54' 06"                       | 14' 44"   |
| 60' 51"                       | 16' 35"   |



# PROSINAC 1951.

| Oh SVJETSKOG VREMENA |               |                        |                   |                  |  |                    | Izlaz i zalaz Sunca u Zagrebu (SEV) |  |
|----------------------|---------------|------------------------|-------------------|------------------|--|--------------------|-------------------------------------|--|
| Datum                | SUNCE         |                        |                   | Zvezdano vrijeme | Jednadžba vremena: pravo vrijeme minus srednje | Izlaz              | Zalaz                               |  |
|                      | Rektascenzija | Deklinacija            | Duljina           |                  |  |                    |                                     |  |
|                      | h m s         | ° ' "                  | ° ' "             | h m s            | m s  | h m                | h m                                 |  |
| 1                    | 16 24 50'1    | — 21 38 48             | 247 57'4          | 4 36 10'7        | + 11 20'4                                      | 7 17               | 16 12                               |  |
| 2                    | 16 29 09'0    | 21 48 22               | 248 58'2          | 4 40 07'3        | 10 58'2  | 7 18               | 16 12                               |  |
| 3                    | 16 33 28'4    | 21 57 30               | 249 59'1          | 4 44 03'8        | 10 35'4  | 7 19               | 16 12                               |  |
| 4                    | 16 37 48'4    | 22 06 13               | 251 00'0          | 4 48 00'4        | 10 12'0  | 7 20               | 16 11                               |  |
| 5                    | 16 42 08'9    | 22 14 30               | 252 00'8          | 4 51 57'0        | 9 48'0   | 7 21               | 16 11                               |  |
| 6                    | 16 46 30'0    | — 22 22 21             | 253 01'7          | 4 55 53'5        | + 9 23'5                                       | 7 22               | 16 11                               |  |
| 7                    | 16 50 51'6    | 22 29 46               | 254 02'6          | 4 59 50'1        | 8 58'4   | 7 24               | 16 11                               |  |
| 8                    | 16 55 13'8    | 22 36 45               | 255 03'6          | 5 03 46'6        | 8 32'8   | 7 25               | 16 10                               |  |
| 9                    | 17 59 36'4    | 22 43 18               | 256 04'5          | 5 07 43'2        | 8 06'8   | 7 26               | 16 10                               |  |
| 10                   | 17 03 59'5    | 22 49 23               | 257 05'4          | 5 11 39'7        | 7 40'2   | 7 27               | 16 10                               |  |
| 11                   | 17 08 23'0    | — 22 55 02             | 258 06'4          | 5 15 36'3        | + 7 13'3                                       | 7 27               | 16 10                               |  |
| 12                   | 17 12 46'9    | 23 00 13               | 259 07'4          | 5 19 32'8        | 6 45'9   | 7 28               | 16 10                               |  |
| 13                   | 17 17 11'2    | 23 04 57               | 260 08'4          | 5 23 29'4        | 6 18'2   | 7 29               | 16 10                               |  |
| 14                   | 17 21 35'9    | 23 09 14               | 261 09'3          | 5 27 26'0        | 5 50'1   | 7 30               | 16 11                               |  |
| 15                   | 17 26 00'8    | 23 13 03               | 262 10'4          | 5 31 22'5        | 5 21'7   | 7 31               | 16 11                               |  |
| 16                   | 17 30 26'1    | — 23 16 24             | 263 11'4          | 5 35 19'1        | + 4 53'0                                       | 7 32               | 16 11                               |  |
| 17                   | 17 34 51'6    | 23 19 18               | 264 12'4          | 5 39 15'7        | 4 24'0   | 7 32               | 16 11                               |  |
| 18                   | 17 39 17'4    | 23 21 44               | 265 13'5          | 5 43 12'2        | 3 54'8   | 7 33               | 16 12                               |  |
| 19                   | 17 43 43'4    | 23 23 41               | 266 14'5          | 5 47 08'8        | 3 25'4   | 7 34               | 16 12                               |  |
| 20                   | 17 48 09'5    | 23 25 11               | 267 15'6          | 5 51 05'3        | 2 55'8   | 7 34               | 16 12                               |  |
| 21                   | 17 52 35'8    | — 23 26 12             | 268 16'7          | 5 55 01'9        | + 2 26'1                                       | 7 35               | 16 13                               |  |
| 22                   | 17 57 02'2    | 23 26 45               | 269 17'8          | 5 58 58'4        | 1 56'2   | 7 35               | 16 13                               |  |
| 23                   | 18 01 28'7    | 23 26 50               | 270 18'9          | 6 02 55'0        | 1 26'3   | 7 36               | 16 14                               |  |
| 24                   | 18 05 55'2    | 23 26 27               | 271 20'0          | 6 06 51'5        | 0 57'3   | 7 36               | 16 14                               |  |
| 25                   | 18 10 21'8    | 23 25 35               | 272 21'2          | 6 10 48'1        | + 0 26'4                                       | 7 37               | 16 15                               |  |
| 26                   | 18 14 48'3    | — 23 24 15             | 273 22'3          | 6 14 44'7        | — 0 03'6                                       | 7 37               | 16 16                               |  |
| 27                   | 18 19 14'7    | 23 22 26               | 274 23'5          | 6 18 41'2        | 0 33'5   | 7 37               | 16 16                               |  |
| 28                   | 18 23 41'0    | 23 20 10               | 275 24'7          | 6 22 37'8        | — 1 03'2                                       | 7 38               | 16 17                               |  |
| 29                   | 18 28 07'2    | 23 17 25               | 276 25'8          | 6 26 34'4        | 1 32'8   | 7 38               | 16 18                               |  |
| 30                   | 18 32 33'2    | 23 14 12               | 277 27'0          | 6 30 30'9        | 2 02'3   | 7 38               | 16 18                               |  |
| 31                   | 18 36 59'0    | — 23 10 31             | 278 28'2          | 6 34 27'5        | — 2 31'5                                       | 7 38               | 16 19                               |  |
|                      |               |                        |                   |                  |  |                    |                                     |  |
|                      |               | Horizontalna paralaksa | Daljina od Zemlje | Polumjer         | Procesija n duljini                            | Nutacija u duljini | Aberacija                           |  |
| Dec.                 | 1.            | 8'92"                  | 0'98610           | 16 14'7          | 45'94  | + 6'13             | 20'76                               |  |
|                      | 11.           | 8'94                   | 0'98465           | 16 16'2          | 47'32  | + 6'66             | 20'79                               |  |
|                      | 21.           | 8'94                   | 0'98374           | 16 17'1          | 48'70  | + 7'27             | 20'81                               |  |
|                      | 31.           | 8'95                   | 0'98333           | 16 17'5          | 50'07  | + 7'88             | 20'82                               |  |

# DECEMBAR 1951.

| Datum                | MJESEC          |                      |                         |   |                     | PLANETI                |             |                   |             |                         |       |
|----------------------|-----------------|----------------------|-------------------------|---|---------------------|------------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------------|-------|
|                      | U Zagrebu (SEV) |                      | Kulminacija u Greenwicu | Promjena za 1 <sup>h</sup> zap. duljine | Starost Oh svj. vr. | Oh svjetskog vremena   |             |                   |             | Kulminacija u Greenwicu |       |
|                      | Izlaz           | Zalaz                |                         |   |                     | Rektascenzija          | Deklinacija | Daljina od Zemlje | Pola. mjer. |                         |       |
|                      | h m             | h m                  | h m                     | m                                       | d                   | MERKUR                 |             |                   |             |                         | h m   |
| 1                    | 10 17           | 18 26                | 14 25'8                 | 2'68                                    | 2'0                 |                        | h m         | e                 |             |                         | h m   |
| 2                    | 11 02           | 19 49                | 15 28'0                 | 2'48                                    | 3'0                 | 1                      | 17 57       | - 25 37           | 0'96        | 3'5                     | 13 21 |
| 3                    | 11 34           | 21 13                | 16 24'7                 | 2'25                                    | 4'0                 | 11                     | 18 05       | - 23 32           | 0'74        | 4'5                     | 12 46 |
| 4                    | 11 59           | 22 33                | 17 16'3                 | 2'05                                    | 5'0                 | 21                     | 17 15       | - 20 17           | 0'70        | 4'8                     | 11 16 |
| 5                    | 12 19           | 23 49                | 18 03'8                 | 1'92                                    | 6'0                 | VENERA                 |             |                   |             |                         |       |
| 6                    | 12 37           | —                    | 18 48'8                 | 1'85                                    | 7'0                 | 1                      | 13 25       | - 6 38            | 0'81        | 10'4                    | 8 49  |
| 7                    | 12 54           | 1 02                 | 19 32'8                 | 1'83                                    | 8'0                 | 11                     | 14 08       | - 10 21           | 0'88        | 9'5                     | 8 53  |
| 8                    | 13 12           | 2 14                 | 20 17'1                 | 1'87                                    | 9'0                 | 21                     | 14 53       | - 13 56           | 0'96        | 8.8                     | 8 58  |
| 9                    | 13 32           | 3 25                 | 21 02'6                 | 1'94                                    | 10'0                | MARS                   |             |                   |             |                         |       |
| 10                   | 13 55           | 4 37                 | 21 50'2                 | 2'03                                    | 11'0                | 1                      | 12 17       | - 0 02            | 1'84        | 2'5                     | 7 40  |
| 11                   | 14 24           | 5 47                 | 22 40'0                 | 2'11                                    | 12'0                | 11                     | 12 37       | - 2 11            | 1'75        | 2'7                     | 7 21  |
| 12                   | 15 00           | 6 54                 | 23 31'3                 | 2'17                                    | 13'0                | 21                     | 12 57       | - 4 16            | 1'65        | 2'8                     | 7 02  |
| 13                   | 15 46           | 7 55                 | —                       | —                                       | 14'0                | JUPITER                |             |                   |             |                         |       |
| 14                   | 16 41           | 8 48                 | 0 23'5                  | 2'16                                    | 15'0                | 1                      | 0 18        | + 0 21            | 4'43        | 20'7                    | 19 38 |
| 15                   | 17 42           | 9 29                 | 1 14'9                  | 2'11                                    | 16'0                | 11                     | 0 19        | + 0 29            | 4'58        | 20'1                    | 19 00 |
| 16                   | 18 48           | 10 03                | 2 04'4                  | 2'01                                    | 17'0                | 21                     | 0 20        | + 0 44            | 4'74        | 19'4                    | 18 23 |
| 17                   | 19 55           | 10 30                | 2 51'3                  | 1'90                                    | 18'0                | SATURN                 |             |                   |             |                         |       |
| 18                   | 21 02           | 10 51                | 3 35'7                  | 1'80                                    | 19'0                | 1                      | 12 49       | - 2 50            | 10'08       | 7'4                     | 8 12  |
| 19                   | 22 08           | 11 09                | 4 18'0                  | 1'73                                    | 20'0                | 11                     | 12 52       | - 3 06            | 9'94        | 7'5                     | 7 56  |
| 20                   | 23 15           | 11 25                | 4 59'0                  | 1'70                                    | 21'0                | 21                     | 12 55       | - 3 20            | 9'78        | 7'6                     | 6 59  |
| 21                   | —               | 11 41                | 5 40'0                  | 1'73                                    | 22'0                | URAN                   |             |                   |             |                         |       |
| 22                   | 0 23            | 11 57                | 6 22'1                  | 1'80                                    | 23'0                | 1                      | 6 58        | + 23 10           | 18'01       | 1'9                     | 2 21  |
| 23                   | 1 34            | 12 16                | 7 06'7                  | 1'93                                    | 24'0                | 11                     | 6 56        | + 23 12           | 17'92       | 1'9                     | 1 40  |
| 24                   | 2 50            | 12 39                | 7 55'4                  | 2'14                                    | 25'0                | 21                     | 6 55        | + 23 14           | 17'87       | 1'9                     | 0 59  |
| 25                   | 4 09            | 13 09                | 8 49'5                  | 2'38                                    | 26'0                | NEPTUN                 |             |                   |             |                         |       |
| 26                   | 5 31            | 13 48                | 9 49'8                  | 2'63                                    | 27'0                | 1                      | 13 20       | - 6 41            | 30'96       | 1'2                     | 8 42  |
| 27                   | 6 51            | 14 44                | 10 55'3                 | 2'80                                    | 28'0                | 11                     | 13 21       | - 6 46            | 30 83       | 1'2                     | 8 04  |
| 28                   | 7 56            | 15 56                | 12 03'0                 | 2'81                                    | 29'0                | 21                     | 13 22       | - 6 50            | 30'67       | 1'2                     | 7 25  |
| 29                   | 8 52            | 17 19                | 13 09'2                 | 2'67                                    | 0'5                 | PLUTON (1950'0)        |             |                   |             |                         |       |
| 30                   | 9 31            | 18 47                | 14 10'7                 | 2'45                                    | 1'5                 | 1                      | 9 48        | + 22 46           | 35'55       | —                       | 5 11  |
| 31                   | 10 00           | 20 13                | 15 06'7                 | 2'22                                    | 2'5                 |                        |             |                   |             |                         |       |
| MJESEC               |                 |                      |                         |   |                     |                        |             |                   |             |                         |       |
| Mjesec Mjeseca (SEV) |                 | Perigej i Apogej     |                         | Najmanja i najveća vrijednost           |                     | Horizontalna paralaksa |             | Polumjer          |             |                         |       |
| Dec.                 | 5. 3 17h 20m    | Dec. 15. 03h Apogej  |                         | 53' 59"                                 |                     | 14' 43"                |             |                   |             |                         |       |
|                      | 13. 10 30       | Dec. 28. 23h Perigej |                         | 61' 24"                                 |                     | 16' 44"                |             |                   |             |                         |       |
|                      | 21. 15 37       |                      |                         |   |                     |                        |             |                   |             |                         |       |
|                      | 28. 12 43       |                      |                         |   |                     |                        |             |                   |             |                         |       |

| ELEMENTI ZA FIZIČKA OPAŽANJA SUNCA |        |                |                |                              |        |                |                |
|------------------------------------|--------|----------------|----------------|------------------------------|--------|----------------|----------------|
| Datum                              | P      | B <sub>0</sub> | L <sub>0</sub> | Datum                        | P      | B <sub>0</sub> | L <sub>0</sub> |
| Jan. 1                             | + 2'4  | — 3'0          | 66'8           | Apr. 1                       | — 26'2 | — 6'6          | 321'2          |
| 4                                  | + 0'9  | 3'4            | 27'3           | 4                            | 26'3   | 6'4            | 281'7          |
| 7                                  | — 0'5  | 3'7            | 347'8          | 7                            | 26'4   | 6'2            | 242'1          |
| 10                                 | — 2'4  | 4'0            | 308'2          | 10                           | 26'4   | 6'0            | 202'5          |
| 13                                 | 3'4    | 4'4            | 268'8          | 13                           | 26'3   | 5'8            | 162'9          |
| 16                                 | 4'8    | 4'6            | 229'2          | 16                           | 26'1   | 5'5            | 123'3          |
| 19                                 | 6'2    | 4'9            | 189'7          | 19                           | 25'9   | 5'3            | 83'6           |
| 22                                 | 7'6    | 5'2            | 150'2          | 22                           | 25'6   | 5'0            | 44'0           |
| 25                                 | 8'9    | 5'5            | 110'7          | 25                           | 25'3   | 4'8            | 4'4            |
| 28                                 | 10'2   | 5'7            | 71'2           | 28                           | 24'8   | 4'5            | 324'8          |
| 31                                 | 11'5   | 6'0            | 31'7           |                              |        |                |                |
| Feb. 3                             | — 12'8 | — 6'2          | 352'2          | Maj 1                        | — 24'4 | — 4'2          | 285'1          |
| 6                                  | 13'9   | 6'4            | 312'8          | 4                            | 23'8   | 3'9            | 245'4          |
| 9                                  | 15'1   | 6'5            | 273'2          | 7                            | 23'2   | 3'6            | 204'8          |
| 12                                 | 16'2   | 6'7            | 233'8          | 10                           | 22'5   | 3'2            | 166'1          |
| 15                                 | 17'2   | 6'8            | 194'2          | 13                           | 21'8   | 2'9            | 126'5          |
| 18                                 | 18'2   | 7'0            | 154'7          | 16                           | 21'0   | 2'6            | 86'8           |
| 21                                 | 19'2   | 7'1            | 115'2          | 19                           | 20'1   | 2'2            | 47'1           |
| 24                                 | 20'1   | 7'2            | 75'7           | 22                           | 19'2   | 1'9            | 7'4            |
| 27                                 | 20'9   | 7'2            | 36'2           | 25                           | 18'2   | 1'5            | 327'7          |
|                                    |        |                |                | 28                           | 17'2   | 1'2            | 288'0          |
| Mar. 2                             | — 21'7 | — 7'2          | 357'0          | 31                           | 16'1   | 0'8            | 248'4          |
| 5                                  | 22'4   | 7'2            | 317'2          | Jun. 3                       | — 15'0 | — 0'4          | 208'6          |
| 8                                  | 23'1   | 7'2            | 277'6          | 6                            | 13'9   | — 0'1          | 168'9          |
| 11                                 | 23'7   | 7'2            | 238'1          | 9                            | 12'7   | + 0'3          | 129'2          |
| 14                                 | 24'2   | 7'2            | 198'6          | 12                           | 11'4   | + 0'6          | 89'5           |
| 17                                 | 24'7   | 7'1            | 159'0          | 15                           | 10'2   | 1'0            | 49'8           |
| 20                                 | 25'1   | 7'0            | 119'5          | 18                           | 8'9    | 1'4            | 10'1           |
| 23                                 | 25'5   | 7'0            | 79'9           | 21                           | 7'6    | 1'7            | 330'4          |
| 26                                 | 25'8   | 6'8            | 40'4           | 24                           | 6'2    | 2'1            | 290'7          |
| 29                                 | 26'0   | 6'7            | 0'8            | 27                           | 4'9    | 2'4            | 251'0          |
|                                    |        |                |                | 30                           | 3'5    | 2'8            | 211'2          |
| PRIKLON EKLIPTIKE                  |        |                |                | CARRINGTONOVE ROTACIJE SUNCA |        |                |                |
| Jan. 1.                            | 23     | 26             | 53'0           | Jan. 6'1                     | Br.    | 1302           |                |
| Feb. 1.                            |        |                | 53'2           | Feb. 2'4                     |        | 1303           |                |
| Mar. 1.                            |        |                | 53'7           | Mar. 1'8                     |        | 1304           |                |
| Apr. 1.                            |        |                | 53'8           | Mar. 29'1                    |        | 1305           |                |
| Maj 1.                             |        |                | 53'4           | Apr. 25'3                    |        | 1306           |                |
| Jun. 1.                            |        |                | 52'8           | Maj 22'6                     |        | 1307           |                |
|                                    |        |                |                | Jun. 18'8                    |        | 1308           |                |

| ELEMENTI ZA FIZIČKA OPAŽANJA SUNCA |        |                |                |                              |        |                |                |
|------------------------------------|--------|----------------|----------------|------------------------------|--------|----------------|----------------|
| Datum                              | P      | B <sub>0</sub> | L <sub>0</sub> | Datum                        | P      | B <sub>0</sub> | L <sub>0</sub> |
| Jul. 3                             | — 2'1  | + 3'1          | 171'5          | Okt. 1                       | + 26'6 | + 6'7          | 62'0           |
| 6                                  | — 0'8  | 3'4            | 131'8          | 4                            | 26'2   | 6'6            | 22'4           |
| 9                                  | + 0'6  | 3'7            | 92'1           | 7                            | 26'3   | 6'4            | 342'8          |
| 12                                 | + 1'9  | 4'0            | 52'4           | 10                           | 26'4   | 6'2            | 303'3          |
| 15                                 | 3'3    | 4'3            | 12'7           | 13                           | 26'4   | 6'0            | 263'7          |
| 18                                 | 4'6    | 4'6            | 333'0          | 16                           | 26'3   | 5'8            | 224'1          |
| 21                                 | 5'9    | 4'9            | 293'3          | 19                           | 26'1   | 5'6            | 184'6          |
| 24                                 | 7'2    | 5'1            | 253'6          | 22                           | 25'9   | 5'3            | 145'0          |
| 27                                 | 8'5    | 5'4            | 214'0          | 25                           | 25'6   | 5'1            | 105'4          |
| 30                                 | 9'7    | 5'6            | 174'3          | 28                           | 25'3   | 4'8            | 65'8           |
|                                    |        |                |                | 31                           | 24'9   | 4'5            | 26'3           |
| Aug. 2                             | + 10'9 | + 5'8          | 134'6          | Nov. 3                       | + 24'4 | + 4'2          | 346'7          |
| 5                                  | 12'1   | 6'0            | 94'9           | 6                            | 23'8   | 3'9            | 307'2          |
| 8                                  | 13'3   | 6'2            | 55'3           | 9                            | 23'2   | 3'5            | 267'6          |
| 11                                 | 14'4   | 6'4            | 15'6           | 12                           | 22'5   | 3'2            | 228'1          |
| 14                                 | 15'4   | 6'6            | 335'9          | 15                           | 21'7   | 2'9            | 188'5          |
| 17                                 | 16'5   | 6'7            | 296'3          | 18                           | 20'8   | 2'5            | 149'0          |
| 20                                 | 17'5   | 6'9            | 256'8          | 21                           | 19'9   | 2'1            | 109'4          |
| 23                                 | 18'4   | 7'0            | 217'0          | 24                           | 19'0   | 1'8            | 69'9           |
| 26                                 | 19'3   | 7'1            | 177'3          | 27                           | 17'9   | 1'4            | 30'4           |
| 29                                 | 20'1   | 7'1            | 137'7          | 30                           | 16'8   | 1'0            | 350'8          |
| Sep. 1                             | + 20'9 | + 7'2          | 98'1           | Dec. 3                       | + 15'7 | + 0'6          | 311'3          |
| 4                                  | 21'7   | 7'2            | 58'4           | 6                            | 14'4   | + 0'3          | 271'7          |
| 7                                  | 22'4   | 7'2            | 18'8           | 9                            | 13'2   | — 0'1          | 232'2          |
| 10                                 | 23'0   | 7'2            | 339'2          | 12                           | 11'9   | — 0'5          | 192'7          |
| 13                                 | 23'6   | 7'2            | 299'6          | 15                           | 10'6   | 0'9            | 153'2          |
| 16                                 | 24'2   | 7'2            | 260'0          | 18                           | 9'2    | 1'3            | 113'6          |
| 19                                 | 24'7   | 7'1            | 220'4          | 21                           | 7'8    | 1'6            | 74'1           |
| 22                                 | 25'1   | 7'1            | 180'8          | 24                           | 6'4    | 2'0            | 34'6           |
| 25                                 | 25'5   | 7'0            | 141'2          | 27                           | 4'9    | 2'4            | 355'1          |
| 28                                 | 25'8   | 6'8            | 101'6          | 30                           | 3'5    | 2'8            | 315'6          |
| PRIKLON EKLIPTIKE                  |        |                |                | CARRINGTONOVE ROTACIJE SUNCA |        |                |                |
| Jul. 1.                            | 23     | 26             | 52'5           | Jul. 16'0                    | Br.    | 1308           |                |
| Aug. 1.                            |        |                | 52'8           | Aug. 12'2                    |        | 1309           |                |
| Sep. 1.                            |        |                | 53'4           | Sep. 8'4                     |        | 1310           |                |
| Okt. 1.                            |        |                | 53'5           | Okt. 5'7                     |        | 1311           |                |
| Nov. 1.                            |        |                | 52'8           | Nov. 2'0                     |        | 1312           |                |
| Dec. 1.                            |        |                | 52'2           | Nov. 29'3                    |        | 1313           |                |
|                                    |        |                |                | Dec. 26'6                    |        | 1314           |                |





# POLOŽAJI ČETIRIJU JUPITEROVIH SATELITA 1951

kako se vidi astronomskim dalekozorom (SEV)

| Datum | Januar<br>19h 00m | Februar<br>18h 45m | Maj<br>4h 45m | Juni<br>3h 30m | Juli<br>2h 45m |   |
|-------|-------------------|--------------------|---------------|----------------|----------------|---|
|       | W                 | E                  | W             | E              | W              | E |
| 1     | 4 ○ 3             | 423 (1)            | 32 ○ 1        | 11 ○ 23        | 421 ○ 3        |   |
| 2     | 41 ○ 23           | 432 ○ 1            | 2 ○ 4         | 42 (1) 3       | 42 ○ 31        |   |
| 3     | 2 (3) 14          | 431 ○ 2            | 1 ○ 234       | 24 ○ 13        | 43 ○ 2         |   |
| 4     | 321 ○ 4           | 432 ○ 1            | ○ 1234        | 31 ○ 42        | 431 (2)        |   |
| 5     | 3 ○ 124           | 21 ○ 3             | 21 ○ 34       | 3 ○ 124        | 132 ○ 1        |   |
| 6     | 31 ○ 24           | ○ 1243             | 32 ○ 14       | 321 ○ 4        | 41 ○ 32        |   |
| 7     | 2 ○ 134           | 1 ○ 234            | 31 ○ 24       | 23 ○ 14        | 4 ○ 123        |   |
| 8     | 21 ○ 34           | 23 ○ 14            | 3 (2) 14      | 1 ○ 234        | 21 ○ 43        |   |
| 9     | 1 ○ 234           | 32 ○ 4             | 231 ○ 4       | (2) 134        | 2 ○ 134        |   |
| 10    | 2 ○ 314           | 31 ○ 24            | 4 (1) 23      | 2 ○ 31         | 31 ○ 24        |   |
| 11    | 3214 ○            | 3 (2) 14           | 4 ○ 123       | 31 ○ 24        | 3 (1) 24       |   |
| 12    | 34 ○ 21           | 21 ○ 31            | 421 ○ 3       | 3 ○ 412        | 32 ○ 14        |   |
| 13    | 431 ○ 2           | ○ 2413             | 423 ○ 1       | 3121 ○         | 1 ○ 24         |   |
| 14    | 42 ○ 31           | 41 ○ 23            | 131 ○ 2       | 423 ○ 1        | ○ 1234         |   |
| 15    | 421 ○ 3           | 42 ○ 31            | 13 ○ 21       | 41 ○ 23        | 12 ○ 13        |   |
| 16    | 1 (1) 23          | 432 ○              | 4231 ○        | 4 ○ 213        | 24 ○ 13        |   |
| 17    | 4 (2) 13          | 431 ○ 2            | 4 ○ 123       | 42 ○ 3         | 431 ○ 2        |   |
| 18    | 4231 ○            | 43 ○ 21            | ○ 4123        | 13 (1)         | 43 ○ 12        |   |
| 19    | 34 ○ 21           | 121 ○ 3            | 21 ○ 43       | 43 ○ 12        | 432 ○          |   |
| 20    | 31 ○ 42           | 1 ○ 213            | 2 ○ 311       | 321 ○          | 113 ○          |   |
| 21    | 2 ○ 14            | 41 ○ 23            | 31 ○ 24       | 23 ○ 41        | 4 ○ 123        |   |
| 22    | 31 ○ 34           |                    | 3 ○ 214       | 1 ○ 324        | 412 ○ 3        |   |
| 23    | ○ 1234            |                    | 231 ○ 4       | ○ 2134         | 42 ○ 13        |   |
| 24    | ○ 234             |                    | ○ 134         | 21 ○ 31        | 134 ○ 2        |   |
| 25    | 331 ○ 1           |                    | ○ 243         | (3) 14         | 3 ○ 124        |   |
| 26    | 3 ○ 14            |                    | 21 ○ 43       | 3 ○ 124        | 32 ○ 4         |   |
| 27    | 31 ○ 42           |                    | 24 ○ 31       | 312 ○ 1        | 31 ○ 4         |   |
| 28    | 243 ○ 1           |                    | 431 ○ 2       | 23 ○ 14        | ○ 1321         |   |
| 29    | 421 ○ 3           |                    | 43 ○ 21       | 14 ○ 32        | 12 ○ 34        |   |
| 30    | 4 ○ 123           |                    | 4321 ○        | 4 ○ 123        | 2 ○ 134        |   |
| 31    | 41 ○ 23           |                    | 4 ○ 31        |                | 13 ○ 21        |   |

Napomena: Kad je satelit zastrt pločom planeta (okultacija) ili pomračen sjenom planeta, njegove brojke uopće nema; ako prolazi pred planetom, pa se projicira na ploču planeta, brojka mu je u zagradi naznačena.

# POLOŽAJI ČETIRIJU JUPITEROVIH SATELITA 1951

kako se vidi astronomskim dalekozorom (SEV)

| Datum | August<br>2h 00m |   | September<br>1h 15m |   | Oktobar<br>23h 45m |   | November<br>22h 00m |   | December<br>21h 00m |   |
|-------|------------------|---|---------------------|---|--------------------|---|---------------------|---|---------------------|---|
|       | W                | E | W                   | E | W                  | E | W                   | E | W                   | E |
| 1     | 3 ○ 412          |   | 1 ○ 24              |   | 2 ○ 134            |   | 312 ○ 4             |   | 341 ○               |   |
| 2     | 3241 ○           |   | ○ 1234              |   | 1 ○ 324            |   | 32 ○ 14             |   | 43 ○ 12             |   |
| 3     | 432 ○ 1          |   | 2 ○ 43              |   | 3 (1) 24           |   | 31 ○ 24             |   | 412 ○ 3             |   |
| 4     | 4 ○ 132          |   | 142 ○ 3             |   | 32 ○ 14            |   | 1 ○ 234             |   | 2 ○ 143             |   |
| 5     | 41 (2) 3         |   | 43 ○ 12             |   | 312 ○ 4            |   | 2 ○ 134             |   | ○ 234               |   |
| 6     | 42 ○ 13          |   | 431 (2)             |   | ○ 4312             |   | 12 ○ 34             |   | 31 ○ 24             |   |
| 7     | 11 ○ 32          |   | 432 ○ 1             |   | 412 ○ 3            |   | ○ 3124              |   | 32 ○ 14             |   |
| 8     | 43 ○ 12          |   | 413 ○ 2             |   | 42 ○ 13            |   | 312 ○ 4             |   | 312 ○ 4             |   |
| 9     | 3241 ○           |   | 4 ○ 123             |   | 11 ○ 23            |   | 324 ○ 1             |   | 3 ○ 124             |   |
| 10    | 32 ○ 41          |   | 421 ○ 3             |   | 43 ○ 12            |   | 431 ○ 2             |   | 12 ○ 34             |   |
| 11    | ○ 324            |   | 42 (1) 3            |   | 432 ○              |   | 4 (1) 32            |   | 2 ○ 143             |   |
| 12    | 1 ○ 234          |   | 34 ○ 12             |   | 4321 ○             |   | 42 ○ 13             |   | 4 ○ 23              |   |
| 13    | 2 ○ 134          |   | 31 (2) 4            |   | 4 ○ 12             |   | 412 ○ 3             |   | 413 ○ 2             |   |
| 14    | 1 ○ 234          |   | 32 ○ 14             |   | 14 (2) 3           |   | 4 ○ 312             |   | 432 ○ 1             |   |
| 15    | 3 ○ 124          |   | 13 ○ 24             |   | 2 ○ 143            |   | 431 (2)             |   | 4312 ○              |   |
| 16    | 324 ○ 4          |   | ○ 1324              |   | 1 ○ 234            |   | 324 ○ 1             |   | 43 ○ 12             |   |
| 17    | 32 ○ 14          |   | 21 ○ 34             |   | 3 ○ 124            |   | 31 ○ 24             |   | 41 (2) 3            |   |
| 18    | ○ 432            |   | 2 ○ 134             |   | 321 ○ 1            |   | ○ 124               |   | 42 ○ 13             |   |
| 19    | 1 (1) 23         |   | (3) 124             |   | 321 ○ 4            |   | 2 ○ 34              |   | 41 ○ 23             |   |
| 20    | 12 ○ 13          |   | 31 ○ 24             |   | 3 ○ 124            |   | 21 ○ 34             |   | 4 (*) 2             |   |
| 21    | 41 ○ 23          |   | 324 ○ 1             |   | 1 ○ 234            |   | ○ 3124              |   | 32 ○ 14             |   |
| 22    | 43 ○ 12          |   | 131 ○ 2             |   | 2 ○ 143            |   | 31 ○ 24             |   | 321 ○ 1             |   |
| 23    | 4312 ○           |   | 4 ○ 132             |   | 14 ○ 23            |   | 32 ○ 14             |   | 3 ○ 124             |   |
| 24    | 432 ○ 1          |   | 421 ○ 3             |   | 43 ○ 12            |   | 31 ○ 4              |   | 1 ○ 234             |   |
| 25    | 41 ○ 2           |   | 42 ○ 13             |   | 4321 ○             |   | ○ 412               |   | 2 ○ 134             |   |
| 26    | 1 (1) 23         |   | 4 ○ 32              |   | 432 (1)            |   | 121 ○ 3             |   | 1 ○ 34              |   |
| 27    | 2 ○ 143          |   | 431 ○ 2             |   | 43 ○ 12            |   | 421 ○ 3             |   | ○ 1324              |   |
| 28    | 1 ○ 34           |   | 324 ○ 1             |   | 41 ○ 23            |   | 4 ○ 132             |   | 32 ○ 4              |   |
| 29    | 3 ○ 124          |   | 31 ○ 4              |   | 42 ○ 13            |   | 431 ○ 2             |   | 3241 ○              |   |
| 30    | 312 ○ 1          |   | ○ 3124              |   | 41 ○ 3             |   | 132 ○ 1             |   | 43 ○ 12             |   |
| 31    | 32 ○ 14          |   |                     |   | 3 ○ 112            |   |                     |   | 41 ○ 2              |   |

\* pred pločom planeta su sateliti 1, 3

Napomena: Kad je satelit zastrt pločom planeta (okultacija) ili pomračen sjenom planeta, njegove brojke uopće nema; ako prolazi pred planetom, pa se projicira na ploču planeta, brojka mu je u zagradi naznačena.





#### POJAVE U SIJEČNJU

- d
- 1 Merkur u donjoj konjunkciji sa Suncem u 20<sup>h</sup>
  - 2 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 01<sup>h</sup>
  - 2 U 04<sup>h</sup> Zemlja u perihelu (Sunce u perigeju)
  - 3 Venera se u 03<sup>h</sup> nalazi u afelu
  - 7 Merkur u konjunkciji sa Mjesecom
  - 8 Venera u 18<sup>h</sup> u konjunkciji sa Mjesecom
  - 10 Mars u konjunkciji sa Mjesecom u 02<sup>h</sup>
  - 11 Jupiter u 08<sup>h</sup> u konjunkciji sa Mjesecom
  - 12 Merkur stacionaran u rektascenziji u 15<sup>h</sup>
  - 13 Saturn stacionaran u rektascenziji u 05<sup>h</sup>
  - 21 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 02<sup>h</sup>
  - 21 Neptun stacionaran u rektascenziji u 21<sup>h</sup>
  - 23 Merkur u maksimalnoj elongaciji (25°W) u 23<sup>h</sup>
  - 27 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 23<sup>h</sup>
  - 29 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 07<sup>h</sup>



#### POJAVE U VELJAČI

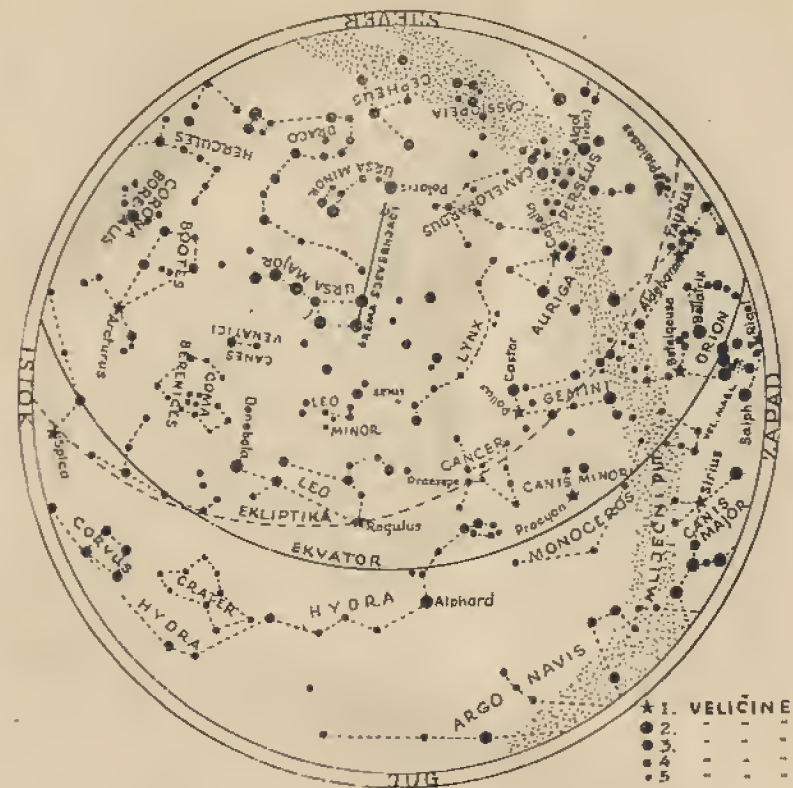
- d
- 4 Merkur u konjunkciji sa Mjesecom u 15<sup>h</sup>
  - 7 Konjunkcija Marsa i Jupitera u 19<sup>h</sup>
  - 7 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 22<sup>h</sup>
  - 8 Jupiter u 05<sup>h</sup> u konjunkciji sa Mjesecom
  - 8 Mars u konjunkciji sa Mjesecom u 06<sup>h</sup>
  - 8 Pluton u opoziciji sa Suncem u 06<sup>h</sup>
  - 11 Merkur u afelu u 00<sup>h</sup>
  - 11 Konjunkcija Venere i Jupitera u 15<sup>h</sup>
  - 16 Konjunkcija Marsa i Venere u 04<sup>h</sup>
  - 17 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 08<sup>h</sup>
  - 24 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 03<sup>h</sup>
  - 25 Neptun u 12<sup>h</sup> u konjunkciji sa Mjesecom





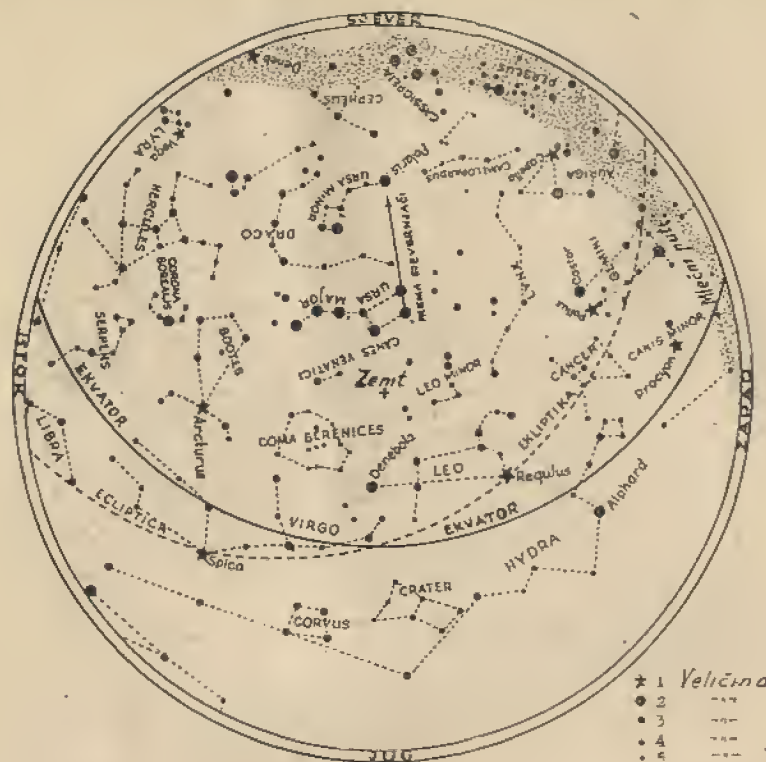
#### POJAVE U OZUJKU

- d
- 7 Prstenasta pomrčina Sunca
- 7 Merkur u 15h u konjunkciji sa Mjesecom
- 8 Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom u 03h
- 9 Mars u konjunkciji sa Mjesecom u 10h
- 10 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 06h
- 11 Merkur u 10h u konjunkciji sa Mjesecom
- 11 Merkur u gornjoj konjunkciji sa Suncem u 10h
- 11 Konjunkcija Jupitera i Sunca u 17h
- 14 Uran stacionaran u rektascenziji u 11h
- 16 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 16h
- 20 Saturn u opoziciji sa Suncem u 10h
- 21 Sunce ulazi u znak Oвна u 10h (početak proljeća)
- 23 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 08h
- 26 Konjunkcija Merkura i Marsa u 09h
- 27 Merkur u perihelu u 00h



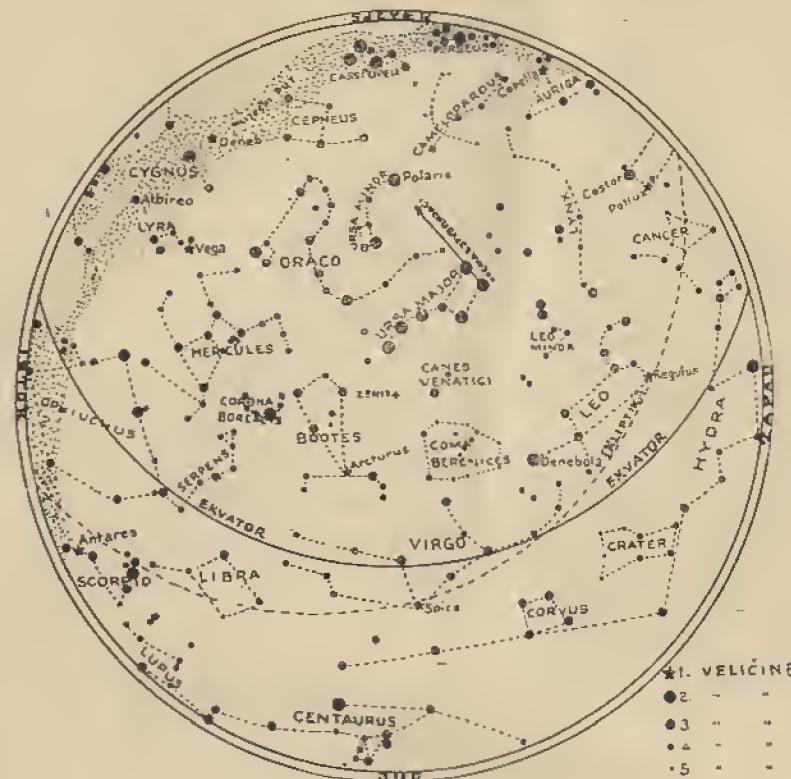
#### POJAVE U TRAVNJU

- d
- 4 Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom u 24h
- 5 Merkur u maksimalnoj elongaciji u 20h
- 7 Mars u 12h u konjunkciji sa Mjesecom
- 8 Merkur u 02h u konjunkciji sa Mjesecom
- 8 Neptun u opoziciji sa Suncem u 20h
- 9 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 02h
- 13 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 00h
- 14 Merkur stacionaran u rektascenziji u 22h
- 19 Konjunkcija Merkura i Marsa u 08h
- 19 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 14h
- 21 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 03h
- 25 Merkur u donjoj konjunkciji sa Suncem u 04h
- 25 Venera u perihelu u 14h



#### POJAVE U SVIBNJU

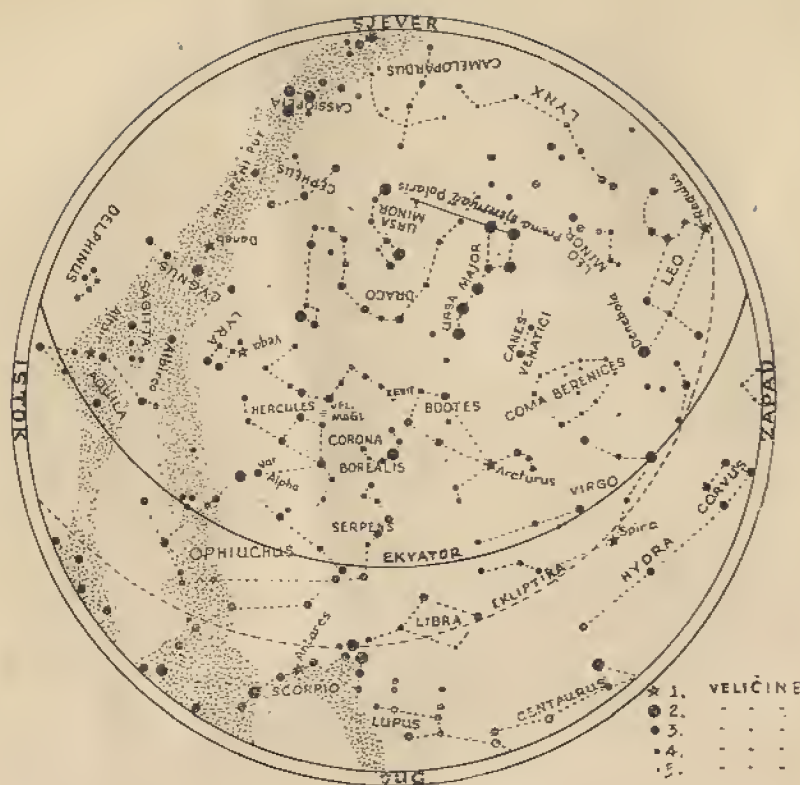
- d
- 2 Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom u 18h
- 4 Merkur u 22h u konjunkciji sa Mjesecom
- 6 Mars u 13h u konjunkciji sa Mjesecom
- 7 Merkur stacionaran u rektascenziji u 11h
- 9 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 17h
- 9 Merkur u afelu u 23h
- 10 Uran u 09h u konjunkciji sa Mjesecom
- 16 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 22h
- 17 Konjunkcija Venere i Urana u 05h
- 18 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 12h
- 22 U 14h Mars u opoziciji sa Suncem
- 22 Merkur u maksimalnoj elongaciji (25°W) u 17h
- 30 Saturn stacionaran u rektascenziji u 01h
- 30 Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom u 10h



#### POJAVE U LIPNJU

- d
- 2 Merkur u konjunkciji sa Mjesecom u 21h
- 4 Mars u konjunkciji sa Mjesecom u 11h
- 6 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 19h
- 8 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 18h
- 13 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 06h
- 14 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 21h
- 19 Konjunkcija Merkura i Marsa u 15h
- 22 U 05h Sunce ulazi u znak Raka (početak ljeta)
- 22 U 23h Merkur u perihelu
- 25 Merkur u gornjoj konjunkciji sa Suncem u 14h
- 25 Venera u maksimalnoj elongaciji (45°E) u 17h
- 27 U 01h Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom
- 28 U 10h konjunkcija Merkura i Urana
- 29 Neptun stacionaran u rektascenziji u 12h





### POJAVE U SRPNJU

- d
- 2 Uran u opoziciji sa Suncem u 09h
  - 3 Mars u konjunkciji sa Mjesecom u 08h
  - 4 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 04h
  - 4 U 21h Sunce u apogeju (Zemlja u afelu)
  - 5 Merkur u konjunkciji sa Mjesecom u 08h
  - 8 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 08h
  - 10 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 16h
  - 12 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 04h
  - 19 U 23h konjunkcija Marsa i Urana
  - 24 Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom u 12h
  - 29 U 06h Venera u najvećem sjaju
  - 31 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 13h



### POJAVE U KOLOVOZU

- d
- 1 Mars u konjunkciji sa Mjesecom u 04h
  - 3 U 19h Merkur u maksimalnoj elongaciji (27°E)
  - 4 Jupiter stacionaran u rektascenziji u 21h
  - 5 Merkur u konjunkciji sa Mjesecom u 07h
  - 5 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 21h
  - 5 Merkur u afelu u 22h
  - 7 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 02h
  - 8 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 11h
  - 11 Venera stacionarna u rektascenziji u 00h
  - 13 U 01h Pluton u konjunkciji sa Suncem
  - 15 Venera u afelu u 22h
  - 16 Merkur stacionaran u rektascenziji u 21h
  - 20 Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom u 21h
  - 27 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 23h
  - 29 Mars u konjunkciji sa Mjesecom u 24h
  - 31 Merkur u donjoj konjunkciji sa Suncem u 08h



#### POJAVE U RUJNU

- d
- 1 Prstenasta pomrčina Sunca
  - 1 Merkur u konjunkciji sa Mjesecom u 06h
  - 1 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 12h
  - 3 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 13h
  - 3 Venera u donjoj konjunkciji sa Suncem u 15h
  - 4 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 18h
  - 9 Merkur stacionaran u rektascenziji u 01h
  - 12 Konjunkcija Merkura i Venere u 13h
  - 16 Merkur u maksimalnoj elongaciji (18°W) u 16h
  - 17 Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom u 02h
  - 18 Merkur u perihelu u 22h
  - 23 Venera stacionarna u rektascenziji u 07h
  - 23 U 21h Sunce ulazi u znak Vage (početak jeseni)
  - 24 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 08h
  - 27 Mars u konjunkciji sa Mjesecom u 21h
  - 28 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 05h
  - 29 Saturn u 11h u konjunkciji sa Suncem
  - 30 Merkur u konjunkciji sa Mjesecom u 09h



#### POJAVE U LISTOPADU

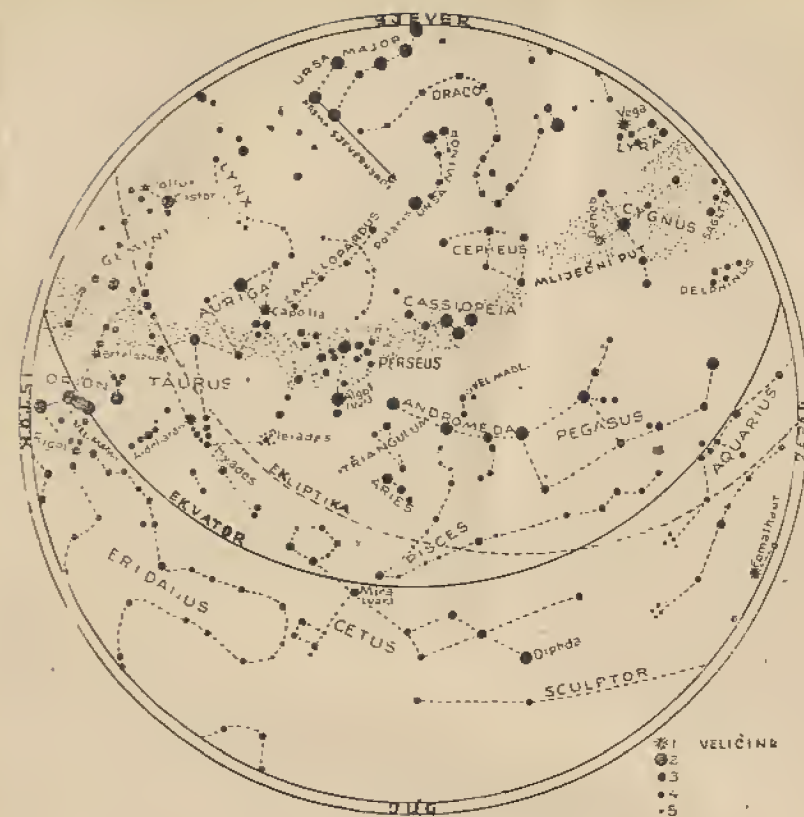
- d
- 1 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 03h
  - 2 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 02h
  - 3 Jupiter u opoziciji sa Suncem u 04h
  - 6 Konjunkcija Merkura i Saturna u 06h
  - 10 Venera u svom najvećem sjaju u 19h
  - 13 Neptun u konjunkciji sa Suncem u 10h
  - 13 Merkur u gornjoj konjunkciji sa Suncem
  - 13 Konjunkcija Merkura i Neptuna u 16h
  - 14 Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom u 04h
  - 20 Uran stacionaran u rektascenziji u 21h
  - 21 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 17h
  - 26 Mars u konjunkciji sa Mjesecom u 17h
  - 26 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 23h
  - 28 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 18h
  - 29 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 13h
  - Merkur u konjunkciji sa Mjesecom u 12h





#### POJAVE U STUĐENOM

- d  
 1 Merkur u afelu u 22<sup>h</sup>  
 10 Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom u 06<sup>h</sup>  
 14 Venera u maksimalnoj elongaciji (47°W) u 09<sup>h</sup>  
 18 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 00<sup>h</sup>  
 21 Jupiter u perihelu u 07<sup>h</sup>  
 21 Konjunkcija Venere i Saturna u 10<sup>h</sup>  
 24 Mars u konjunkciji sa Mjesecom u 11<sup>h</sup>  
 25 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 10<sup>h</sup>  
 25 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 18<sup>h</sup>  
 26 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 01<sup>h</sup>  
 28 Merkur u maksimalnoj elongaciji (22°E) u 11<sup>h</sup>  
 29 Venera i Neptun u konjunkciji u 16<sup>h</sup>  
 30 Merkur u konjunkciji sa Mjesecom u 14<sup>h</sup>  
 30 Jupiter stacionaran u rektascenziji u 19<sup>h</sup>



#### POJAVE U PROSINCU

- d  
 6 Venera u perihelu u 12<sup>h</sup>  
 7 Jupiter u konjunkciji sa Mjesecom u 10<sup>h</sup>  
 7 Merkur stacionaran u rektascenziji u 11<sup>h</sup>  
 9 Mars u afelu u 00<sup>h</sup>  
 15 Uran u konjunkciji sa Mjesecom u 05<sup>h</sup>  
 15 Merkur u perihelu u 21<sup>h</sup>  
 17 Merkur u donjoj konjunkciji sa Suncem u 03<sup>h</sup>  
 19 Konjunkcija Marsa i Saturna u 13<sup>h</sup>  
 22 Sunce ulazi u znak Jarca (početak zime) u 16<sup>h</sup>  
 22 Saturn u konjunkciji sa Mjesecom u 23<sup>h</sup>  
 23 Mars u konjunkciji sa Mjesecom u 23<sup>h</sup>  
 23 Neptun u konjunkciji sa Mjesecom u 12<sup>h</sup>  
 25 Venera u konjunkciji sa Mjesecom u 14<sup>h</sup>  
 27 Merkur u konjunkciji sa Mjesecom u 06<sup>h</sup>  
 27 Merkur stacionaran u rektascenziji u 08<sup>h</sup>

### III. TUMAČ EFEMERIDAMA



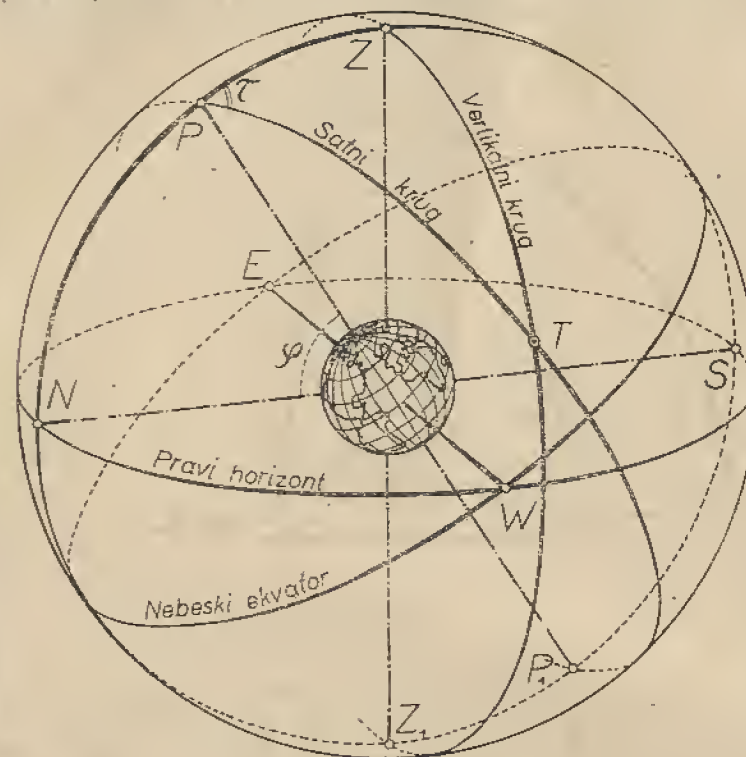
## GLAVNI POJMOVI SFERNE ASTRONOMIJE

**Nebeska kugla (sfera).** Da se jednoznačno i jednostavno odrede položaji svemirskih tijela na nebu, kako ih sa Zemlje vidimo, pomišljamo u svemiru kuglu, koncentričnu s kuglom zemaljskom, po volji velikoga polumjera, no bar tako velikoga, da se gledana s površine te kugle ne samo Zemlja praktički stegne na točku (tako da pravci povučeni iz različitih točaka površine zemaljske k istoj točki neba praktički padaju u isti smjer) nego da se i Sunce i staza Zemlje oko Sunca kao i staze svih drugih planeta stegnu na točku (tako da i pravci povučeni iz različitih točaka u Sunčevu sustavu k istoj točki neba praktički padaju u isti smjer). Ta se kugla zove *nebeska kugla (sfera)*. Pravci, koji spajaju oko opažača s nebeskim tijelima pokazujući *smjer* njihov, sijeku nebesku kuglu u točkama, koje su *prividna mjesta* tih tijela na nebu. Da se ustanovi *smjer*, u kome vidimo nebeska tijela, i opiše *prividno gibanje* njihovo, t. j. promjena smjera u tijeku vremena, definiraju se na kugli nebeskoj izvjesne točke, krugovi i lukovi (kutovi), koje nam nameću sami pojavi nebeski, slično kako se i na Zemlji definiraju zemaljski meridijani, ekvator i širinski krugovi, da posluže kao zemaljski koordinatni sustav, u kome je položaj izvjesnoga mjesta na Zemlji određen jednoznačno svojim geografskim koordinatama: širinom i duljinom. Dolazimo tako do nebeskih koordinatnih sustava i nebeskih koordinata, koje nam daju nužnu podlogu za proučavanje prividnih pojava na nebu.

**Horizontski koordinatni sustav.** Polazi se od smjera *vertikale* u *mjestu opažanja* ( $ZZ_1$ , sl. 1), t. j. od smjera sile teže, što ga pokazuje nit, o kojoj slobodno i u miru visi teško tijelo. Vertikala siječe nebesku kuglu u dvije točke u jednoj vidljivoj, iznad glave opažača, u *zenitu* ( $Z$ ), i u drugoj nevidljivoj, na protivnoj strani nebeske kugle, u *nadiiru* ( $Z_1$ ). *Horizont* u *mjestu opažanja* je najveći krug na nebeskoj kugli, kojega ravnina (ravnina horizonta) stoji okomito na spojnici zenita i nadiira. Od ravnine toga horizonta, koji se zove i *pravi* ili *geocentrični* horizont, jer prolazi središtem Zemlje, razlikuje se ravnina *prividnoga* horizonta u *mjestu opažanja*, koja prolazi dotičnim mjestom a paralelna je s ravninom pravoga horizonta.

*Svjetska os* ( $PP_1$ ), t. j. pravac, oko kojega se Zemlja u 24 sata jednom okrene izvodeći time pojave dnevnoga gibanja neba, siječe Zemlju u sjevernom i južnom geografskom polu, a nebesku kuglu u *sjevernom* ( $P$ ) i *južnom* ( $P_1$ ) *nebeskom polu*, od kojih je prva točka za nas na sjevernoj zemaljskoj polukugli vidljiva, a druga na suprotnoj strani nebeske kugle nevidljiva. U svakom je mjestu svjetska os nagnuta spram ravnine horizonta pod kutom, koji se zove *visina pola* u tome mjestu, a koji je *jednak* geografskoj širini ( $\varphi$ ) dotičnoga mjesta. Pod istim je kutom  $\varphi$  nagnuta vertikala u tom mjestu spram ravnine ekvatora.

*Meridijan* u *mjestu opažanja* je najveći krug ( $ZSZ_1NZ$ ) na nebeskoj kugli, koji prolazi sjevernim nebeskim polom i zenitom u tom mjestu (dakle i južnim nebeskim polom i nadirom).

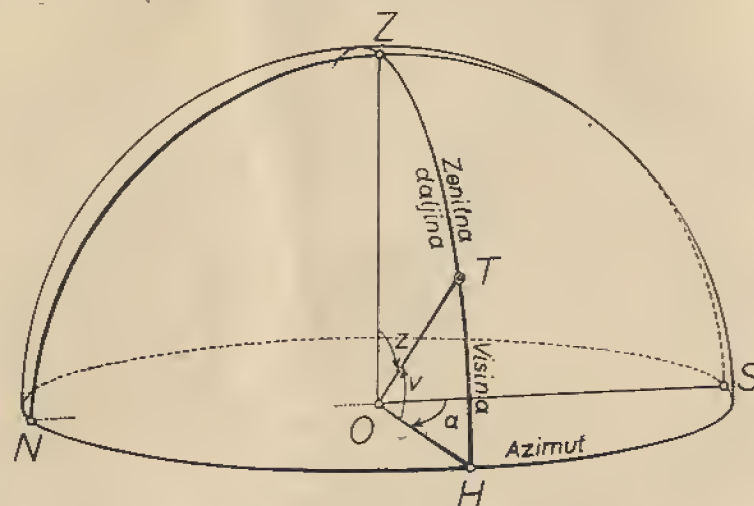


Sl. 1.

*Vertikalni krug* nebeskoga tijela je najveći krug na nebeskoj kugli, koji prolazi tim tijelom te zenitom i nadirom, pa stoji potom okomito na horizontu. I *meridijan* je vertikalni krug, koji prolazi još i nebeskim polovima. Među vertikalnim krugovima ističe se *prvi* vertikal, t. j. vertikalni krug okomit na meridijanu.

*Meridijan* siječe horizont u dvije točke: U *sjevernoj* ( $N$ ) i *južnoj* ( $S$ ) točki horizonta, a prvi ga vertikal siječe u dvije točke: *istočnoj* ( $E$ ) i *zapadnoj* ( $W$ ) točki horizonta. Te četiri točke jesu *kardinalne točke* horizonta. Položaj nebeskoga tijela  $T$  (sl. 2.) u izvjesnom času određen je u ovom sustavu dvjema veličinama, *dvojema* *horizontskim koordinatama*: visinom i azimutom. Visina ( $v$ ) nebeskoga tijela je kut ( $\text{TOH}$ ) smjera nje-

gova s ravninom horizonta u mjestu opažanja. Broji se u ravnini vertikalnoga kruga tijela T od horizonta do zenita od  $0^\circ$  do  $+90^\circ$  i od horizonta do nadira od  $0^\circ$  do  $-90^\circ$ . Često se mjesto visine upotrebljava *zenitna daljina* ( $z$ ), koja je komplement visine, t. j.  $z = 90^\circ - v$ . Broji se u ravnini istoga vertikalnog kruga od zenita prema nadiru od  $0^\circ$  do  $180^\circ$ .



Sl. 2.

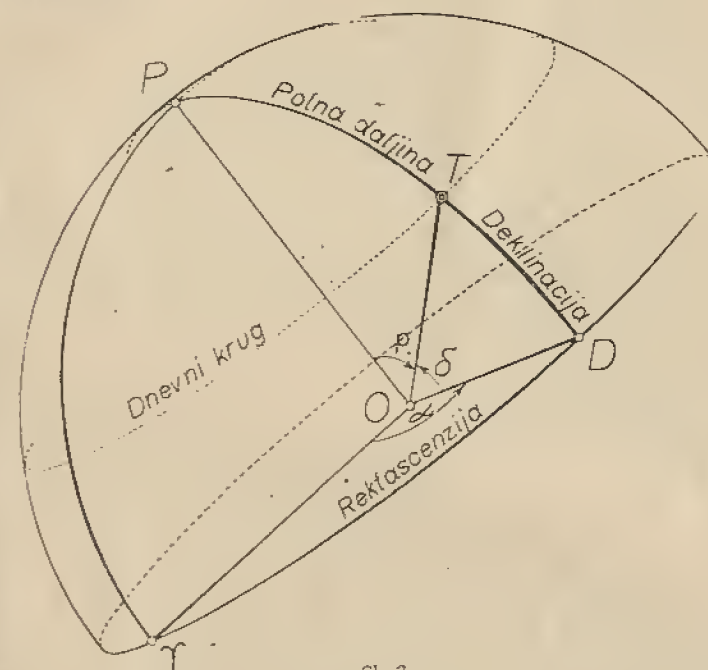
*Azimut* ( $a$ ) nebeskoga tijela je kut (SOH) ravnine meridijana u mjestu opažanja i vertikalnoga kruga tijela T. Broji se na horizontu počevši od S preko W, N, E od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ . Horizontske koordinate nebeskoga tijela mijenjaju se s mjestom opažanja, a u istom mjestu neprekidno ih mijenja dnevna vrtnja nebeske kugle.

**Ekvatorski koordinatni sustavi.** Što su u prvom sustavu bili smjer vertikalne i horizont, to su ovdje svjetska os i *nebeski ekvator*, t. j. najveći krug na nebeskoj kugli, kome ravnina stoji okomito na svjetskoj osi; to je ujedno i presjek zemaljskoga ekvatora s nebeskom kuglom. Vertikalnom krugu odgovara ovdje *satni krug* nebeskoga tijela (krug deklinacije), koji je najveći krug na nebeskoj kugli, što prolazi tim tijelom i nebeskim polovima te stoji okomito na nebeskom ekvatoru (sl. 1. i 3.).

Položaj nebeskoga tijela određuju *ekvatorske koordinate* na dva načina: ili s pomoću satnoga kuta i deklinacije ili s pomoću rektascenzije i deklinacije.

**Prvi sustav.** *Satni kut* ( $\tau$ ) (sl. 1. i 3.) nebeskoga tijela T je kut ravnine satnoga kruga tijela i ravnine meridijana u mjestu opažanja. Broji

se počevši od meridijana, i to od one pole njegove, koja, omeđena sjevernim i južnim nebeskim polom, sadržava zenit, u smislu dnevne vrtnje neba od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ , ili počevši od meridijana preko W do N od  $0^\circ$  do  $+180^\circ$ , i od meridijana preko E do N od  $0^\circ$  do  $-180^\circ$ . — Obično se mjesto u  $^\circ ' ''$  daje satni kut u h m s radi sveze njegove s mjerenjem vremena. Pri tome je  $360^\circ$  ekvivalentno s  $24^h$ , dakle  $1^h = 15^\circ$ ,  $1^m = 15'$ ,  $1^s = 15''$ , a  $1^\circ = 4^m$ ,  $1' = 4^s$ ,  $1'' = 0s.0666$ . — Na pr.  $128^\circ 16' 35.00'' = 8^h 33^m 6s.333$ .



Sl. 3.

*Deklinacija* ( $\delta$ ) (sl. 3.) nebeskoga tijela T je kut smjera njegova s ravninom nebeskoga ekvatora. Broji se u ravnini satnoga kruga njegova počevši od ekvatora do sjevernoga nebeskog pola od  $0^\circ$  do  $+90^\circ$  (sjeverna nebeska polukugla) i od ekvatora do južnoga pola od  $0^\circ$  do  $-90^\circ$  (južna nebeska polukugla). — Mjesto deklinacije upotrebljava se i *daljina nebeskoga tijela od sjevernoga pola* (*polna daljina*)  $p = 90^\circ - \delta$ . Broji se u ravnini istoga satnoga kruga od sjevernoga pola prema južnome od  $0^\circ$  do  $180^\circ$ .

**Drugi sustav.** *Rektascenzija* ( $\alpha$  ili AR) (sl. 3.) neke točke T na kugli nebeskoj je kut ravnine satnoga kruga te točke i ravnine satnoga



kruga, koji prolazi jednom osobitom točkom nebeskoga ekvatora, t. zv. *proljetnom točkom* (V), u kojoj se središte Sunca nađe u času, kad se astronomski počinje proljeće. Rektascenzija se broji na nebeskom ekvatoru počevši od proljetne točke u smislu godišnjega prividnog gibanja Sunca, t. j. u smislu protivnom dnevnoj vrtnji neba od 0h do 24h (rijetko od 0° do 360°).

*Deklinacija* (δ) isto kao gore. Na rektascenzije, kao ni na deklinacije, ne utječe dnevna vrtnja neba.

**Dnevno gibanje nebeske kugle.** Dnevna vrtnja Zemlje oko svoje osi u smislu zapad—istok izvodi prividnu dnevnu vrtnju kugle nebeske kao cjeline oko svjetske osi u smislu istok—zapad. Svaka točka na nebeskoj kugli, koja nema vlastitoga gibanja (bar ne zamjetljivoga), opisuje pri tome gibanju krug, paralelan s nebeskim ekvatorom, koji se zove *dnevni krug* (sl. 3.), i koji siječe horizont u dvije točke: u jednoj od tih točaka izlazi nad horizont kod dnevnoga gibanja, a u drugoj se spušta pod horizont. Najveću visinu dosegne točka u svakom mjestu u času, kad prolazi meridijanom toga mjesta, i to onom polovinom njegovom, koja spaja sjeverni nebeski pol s južnim preko zenita (PZSP<sub>1</sub>, sl. 1.). Nalazi se tada u *gornjoj kulminaciji*; satni joj je kut  $\tau = 0^h$ . Najmanju visinu dosegne, kad se nađe u drugoj polu meridijana (PNZ<sub>1</sub>P<sub>1</sub>), kad je u *donjoj kulminaciji*; tada joj je satni kut  $\tau = 12^h$ . Nebeska tijela s vlastitim gibanjem (na pr. Sunce, Mjesec) dosegnu najveću i najmanju visinu izvan meridijana.

Pojavi kod dnevne vrtnje nebeske kugle stoje do geografske širine mjesta opažanja. Za opažaća na zemaljskom ekvatoru ( $\varphi = 0^\circ$ ) nebeski su polovi u horizontu, nebeski ekvator prolazi zenitom, zvijezde opisuju vertikalne dnevne krugove, a horizont raspolavlja dnevne krugove njihove. Na sjevernom polu Zemlje ( $\varphi = 90^\circ$ ) sjeverni je nebeski pol u zenitu, ekvator u horizontu, sve zvijezde sjeverne nebeske polukugle ostaju uvijek iznad horizonta ne izlazeći i ne zalazeći, nego opisuju dnevne krugove paralelne s horizontom, a zvijezde južne polukugle ne izlaze nikada (sve ovo, ako se ne uzme u obzir t. zv. refrakcija, o kojoj vidi dalje). Sunce, koje je od početka proljeća do početka jeseni na sjevernoj nebeskoj polukugli, bit će sve to vrijeme iznad horizonta, te ne će zalaziti; u vrijeme od početka jeseni do početka proljeća u idućoj godini ono je na južnoj nebeskoj polukugli, te sve to vrijeme ne će izlaziti nad horizont. Slično će se vladati i Mjesec u razmacima od četrnaest dana od prilike.

U svim drugim mjestima na Zemlji opisuje svaka točka na nebeskoj kugli krugove koso priklonjene spram horizonta, kojih kut priklona ovisi o geografskoj širini mjesta. Zvijezde, kojima je polna daljina  $p$  manja od geografske širine  $\varphi$  mjesta opažanja (sl. 1.), bit će uvijek nad horizontom, njima su i dnevni krug i obje točke kulminacije iznad horizonta (cirkumpolarne zvijezde). Zvijezde, kojima je daljina od južnoga nebeskog pola manja od geografske širine mjesta, ne dižu se uopće iznad horizonta. Sve druge zvijezde izlaze i zalaze u onim točkama horizonta, u kojima dnevni krug njihov siječe horizont. Luk, što ga opisuju gibajući se s nebeskom kuglom od izlaza do zalaza, je *dnevni luk* njihov. Što je veća deklinacija nebeskoga tijela (na sjevernoj zemaljskoj polukugli), veći mu

je dnevni luk. Dnevni luk Sunca osobito je važan, jer do njega stoji duljina dana. Kako on stoji do geografske širine mjesta, to je i duljina dana u različnim mjestima istoga meridijana različna. Iz slijedeće tablice vidi se trajanje najduljega i najkraćega dana.

| Širina<br>$\varphi$ | Najdulji<br>dan | Najkraći<br>dan | Širina<br>$\varphi$ | Najdulji<br>dan | Najkraći<br>dan |
|---------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------|-----------------|
|                     | h m             | h m             |                     | h m             | h m             |
| 0°                  | 12 5            | 12 45           | 50                  | 16 18           | 8 0             |
| 10                  | 12 40           | 11 30           | 55                  | 17 17           | 7 5             |
| 20                  | 13 18           | 10 53           | 60                  | 18 45           | 5 45            |
| 30                  | 14 2            | 10 10           | 65                  | 21 43           | 3 22            |
| 40                  | 14 58           | 9 16            | 65°59'              | 24 0            | 2 30            |
| 45                  | 15 33           | 8 42            | 67° 7'              | 24 0            | 0 0             |

Na sjevernoj polukugli dan je najdulji u času, kad se astronomski počinje ljeto (ljetni solstici), najkraći u času, kad se počinje zima (zimski solstici). Na južnoj je polukugli obrnuto. Na ekvatoru je najdulji dan u početku ljeta i zime, najkraći u početku proljeća i jeseni.

U krajevima između geografskog pola (sjevernog ili južnog) i polarnog kruga ostaje Sunce dulje vremena nad horizontom ne zalazeći za to vrijeme (*polarni dan*), u drugo doba godine ostaje ispod horizonta ne izlazeći za to vrijeme (*polarna noć*). Iz tablice se vidi trajanje polarnoga dana i noći za sjevernu i južnu zemaljsku polukuglu.

| Sjeverna<br>širina | Polarni<br>dan | Polarna<br>noć | Južna<br>širina | Polarni<br>dan* | Polarna<br>noć |
|--------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 70°                | 70d            | 55d            | 70°             | 65d             | 59d            |
| 75                 | 107            | 93             | 75              | 101             | 99             |
| 80                 | 137            | 123            | 80              | 130             | 130            |
| 85                 | 163            | 150            | 85              | 156             | 158            |
| 90                 | 189            | 176            | 90              | 182             | 183            |

**Određivanje geografske širine.** Mjerenje zenitne daljine  $z$  nebeskoga tijela (na pr. zvijezde stajačice) u času gornje ili donje kulminacije, kada  $z$  ima najmanju dotično najveću vrijednost, daje način, da se odredi *geografska širina* mjesta opažanja, ako je poznata deklinacija nebeskoga tijela. Budući da je kut, što ga čini vertikala u mjestu opažanja s ravninom ekvatora, također jednak geografskoj širini  $\varphi$  u mjestu opažanja, izlazi (sl. 1. i 3.) ova relacija za *gornju kulminaciju*:

$$\varphi = \delta + z \text{ (ako tijelo kulminira južno od zenita),}$$

$$\varphi = \delta - z \text{ (ako tijelo kulminira sjeverno od zenita).}$$

U času *donje kulminacije* je:

$$z = (90^\circ - \varphi) + (90^\circ - \delta),$$

prema tome

$$\varphi = 180^\circ - (z + \delta).$$

**Ekliptički koordinatni sustav.** Dnevnom motrenjem rektascenzije i deklinacije središta Sunčeve ploče razabira se, da se Sunce pomiče na nebeskoj kugli među zvijezdama od zapada prema istoku nezavisno od dnevnoga gibanja svoga zajedno s nebeskom kuglom od istoka prema zapadu. Rektascenzija mu raste, ali nejednoliko, od početka proljeća, kada je jednaka  $0^h$ , do  $24^h$ , a deklinacija prima sve vrijednosti između  $-23^{\circ}27'$  (početak zime) i  $+23^{\circ}27'$  (početak ljeta). To se pomicanje očituje i na taj način, što se u različita godišnja doba, a u iste sate, vide različita zvijezda na pr. na istočnom nebu. Mjerenja ekvatorskih koordinata Sunčeva središta pokazuju, da je godišnja staza njegova (zanemariivši sitne razlike) najveći krug na nebeskoj kugli, nazvan *ekliptika*, i da Sunce izvrši jedan ophod po nebu u godini dana. Kako je to godišnje gibanje Sunca samo odraz gibanja Zemlje oko Sunca, izvršenoga u istom vremenu i u istoj ravnini, možemo reći, da je ekliptika i presjek ravnine staze Zemljine oko Sunca (ravnine ekliptike) s nebeskom kuglom.

*Ekliptika* ima u ekliptičkom koordinatnom sustavu zadaću horizonta i nebeskoga ekvatora u predašnja dva sustava. Zadaću vertikale i svjetske osi ima os *ekliptike*, t. j. okomica na ekliptici u središtu kugle nebeske. Ona siječe nebesku kuglu u dvije točke, od kojih jedna, *sjeverni pol ekliptike*, leži na sjevernoj nebeskoj polukugli, a druga, *južni pol ekliptike*, na južnoj. — S nebeskim ekvatorom čini ekliptika kut, *priklon ekliptike*, koji iznosi oko  $23^{\circ}27'$ , a malo se s vremenom mijenja. Za taj je isti kut sjeverni nebeski pol sferno udaljen od sjevernoga pola ekliptike. — Nebeski ekvator i ekliptika sijeku se u dvije točke, *ekvinokcijalne točke*, od kojih je jedna već spomenuta *proljetna točka*, a druga, dijametralno nasuprot, *jesenja točka*, u kojoj se Sunce nađe u času, kad se astronomski počinje jesen.  $90^{\circ}$  u ekliptici dalje od proljetne točke u smislu godišnjega gibanja Sunca leži *ljetna solsticijalna točka*, a  $90^{\circ}$  u istom smislu dalje od jesenje točke leži *zimna solsticijalna točka*, u kojima se Sunce nađe u početku ljeta, dotično zime. — *Širinski krug* je najveći krug na nebeskoj kugli, koji prolazi polovima ekliptike. On stoji dakle okomito na ravnini ekliptike.

Položaj nebeskoga tijela određuju dvije *ekliptičke koordinate*, duljina i širina. Duljina ( $\lambda$ ) nebeskoga tijela T je kut ravnine širinskoga kruga njegova i ravnine širinskoga kruga, koji prolazi proljetnom točkom. Broji se na ekliptici počevši od proljetne točke u smislu godišnjega prividnog gibanja Sunca od  $0^{\circ}$  do  $360^{\circ}$ , dakle u istom smislu, u kome se broje i rektascenzije.

*Širina* ( $\beta$ ) nebeskoga tijela T je kut smjera njegova i ravnine ekliptike. Broji se u ravnini širinskoga kruga njegova počevši od ekliptike do sjevernoga pola ekliptike od  $0^{\circ}$  do  $+90^{\circ}$ , i od ekliptike do južnoga pola ekliptike od  $0^{\circ}$  do  $-90^{\circ}$ . Na duljinu kao ni na širinu ne utječe dnevna vrtnja neba.

**Godišnje dobe. Faze Mjesečeve.** Godišnje prividno gibanje Sunca u ekliptici nije jednoliko, nego je najbrže u početku januara, najsporije u početku jula, što je opet odraz gibanja Zemljina, koja je tada najbliže Suncu (*perihel*), dotično najdalje od Sunca (*afel*), pa joj je brzina najveća, dotično najmanja.

Do duljine Sunca stoji početak godišnjih dobi. Kako vidjesmo, proljeće se počinje, kad je duljina Sunca  $\lambda = 0^{\circ}$ ; ljeto, kad je  $\lambda = 90^{\circ}$ ; jesen, kad je  $\lambda = 180^{\circ}$ ; zima, kad je  $\lambda = 270^{\circ}$ . Današnje srednje trajanje godišnjih dobi je ovo:

|          |          |
|----------|----------|
| proljeće | 92d 20h, |
| ljeto    | 93d 15h, |
| jesen    | 89d 19h, |
| zima     | 89d 0h.  |

Proljeće i ljeto traju dakle zajedno gotovo  $8^d$  dulje od jeseni i zime. — Na južnoj je zemaljskoj polukugli ljeto, kad je na sjevernoj zima, a jesen, kad je na sjevernoj proljeće, pa je stoga na pr. južno ljeto kraće od sjevernoga za više od  $4^d$ . — Trajanje se godišnjih dobi s vremenom mijenja.

*Mijene (faze) Mjesečeve* stoje do razlike duljina Sunca i Mjeseca. Mlad, prva četvrt, uštap, posljednja četvrt nastaju u času, kad je duljina središta ploče Mjesečeve za  $0^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$ ,  $270^{\circ}$  veća od duljine središta ploče Sunčeve.

**Prividno gibanje planeta.** Do razlike duljine planeta i Sunca stoje : pojedini pojavi prividnoga gibanja planeta. Planet je u *konjunkciji* sa Suncem s obzirom na zemaljskoga opažača, kad mu je duljina jednaka duljini Sunca; Sunce i planet, gledani sa Zemlje, nalaze se u istom pravcu s iste strane Zemlje. Planet je u *opoziciji* sa Suncem, kad mu se duljina razlikuje od Sunčeve za  $180^{\circ}$ ; gledani sa Zemlje, Sunce i planet nalaze se u istom pravcu, no na suprotnim stranama Zemlje, te je Zemlja između njih. Planet je u *kvadraturi* sa Suncem, kad mu se duljina razlikuje od Sunčeve za  $90^{\circ}$ .

Gornji planeti (Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun, Pluton) dolaze sa Suncem naizmjenice u konjunkcije i opozicije (preko kvadratura); donji planeti (Merkur, Venera) ne mogu doći u opoziciju, nego dolaze u dvije vrste konjunkcija: *gornju* i *donju*. Gledani sa Zemlje nalaze se oni tada sa Suncem u istom pravcu i s iste strane Zemlje, samo je u gornjoj konjunkciji planet dalji od Zemlje nego Sunce, dok je u donjoj bliže. Donji se planeti u prividnom svom gibanju nikad ne udaljuju daleko od Sunca. Najveća im je kutna daljina od Sunca, kada su u *istočnoj* ili *zapadnoj elongaciji*.

Tok prividnoga gibanja planeta u glavnom je onaj. Planet polazeći iz gornje konjunkcije giba se isprva među zvijezdama spram istoka, *direktno*, t. j. u smislu, u kome rastu rektascenzije i duljine. Gibanje mu biva pomalo sporije, dok ne stane, bude *stacionaran*. Tad se okrene smjer gibanja i planet se giba neko vrijeme spram zapada *retrogradno*, prolazeći opozicijom (ako je gornji planet) ili donjom konjunkcijom (ako je donji planet). Kad dovrši retrogradno gibanje, bude planet opet stacionaran te se poslije toga časa giba direktno, dok ne stigne u gornju konjunkciju i dovrši jedan t. zv. *sinodički ophod*.

**Zodijak.** Tako se zove pojas na nebeskoj kugli širok  $16^{\circ}$ , koga ekliptika uzduž raspolavlja i unutar kojega se gibaju Sunce, Mjesec i planeti. Počevši od proljetne točke razdijeli se taj pojas u dvanaest jednakih dijelova (svaki po  $30^{\circ}$  duljine), te se po prastarom običaju zovu ti dijelovi: Ovan, Bik, Blizanci. . . . , Ribe; to su *znaci zodijaka*, Ovan, Bik, Blizanci



su proljetni znaci; Rak, Lav, Djevica ljetni znaci; Vaga, Štipavac, Strijelac jesenji, a Jarac, Vodenjak, Ribe zimski znaci. Radi precesije (vidi dalje) ne podudaraju se danas znaci zodijaka s istoimenim zvijezdama. *Znak* je Ovna na primjer danas u *zvijezdu Riba*; svaki znak se pomakao natrag, u zvijezde zapadno od njega.

**Precesija i nutacija.** Osnovne ravnine u koordinatnim sustavima ekvatorskom i ekliptičkom: nebeski ekvator i ekliptika nijesu u prostoru nepomične, zato ni ekvatorske, ni ekliptičke koordinate nebeskoga tijela nijesu konstantni brojevi, nego se mijenjaju s vremenom, no te su promjene u kraćim vremenskim razmacima sitne.

*Ravnina ekliptike*, dakle ravnina staze Zemlje oko Sunca, mijenja svoj položaj u tijeku vremena kao i ravnine svih drugih staza planetских. Uzrok je u tome, što gibanje svakog planeta smetaju drugi članovi Sunčeva sustava; oni izvide *perturbacije* u gibanju njegovu oko Sunca, koje bi bez toga bilo strogo gibanje po zakonima Keplerovim, pa bi napose ravnina, u kojoj bi se gibalo režište Zemlje, kad ne bi bilo perturbacije, imala za sva vremena nepromijenjen položaj u prostoru. — *Ravnina nebeskoga ekvatora* mijenja svoj položaj u tijeku vremena, jer privlačenje Sunca i Mjeseca na Zemlju, koja se vrti oko svoje osi a ima oblik sferoida, nastoji da umanji priklon ekliptike. Radi vrtnje Zemljine izlazi odatle gibanje osi njezine, koja bi inače ostala paralelna samoj sebi u prostoru. To čini, da ona neprekidno mijenja svoj položaj u prostoru opisujući stožac, kome je vrh u režištu Zemlje, a plašt nepravilno navorana pravčasta ploha. Poradi toga ne ostaju ni nebeski polovi na svom mjestu, ni nebeski ekvator, koji je okomit na svjetskoj osi. — Budući da se obje te ravnine lagano pomiču u prostoru, pomiču se i presjecišta njihova, to jest ekvinokcijalne točke, a mijenja se i kut, što ga čine, to jest priklon ekliptike. Da se odijele promjene koordinata, kojima je uzrok pomicanje osnovnih ravnina i krugova, od onih, kojima je uzrok samo gibanje tijela treba ta pomicanja istražiti i uzeti u račun.

Kod analitičkog izučavanja pomicanja osnovnih ravnina vidi se, da se ono sastavlja od dva raznovrsna pomicanja, koja se odjelito izučavaju. Prvo pomicanje i nebeskoga ekvatora i ekliptike je sporo, biva uvijek u istom smislu u dugom nizu godina i gotovo je razmjerno s vremenom, to je *sekularno* pomicanje. Položaj, u kome bi se u neki čas nalazili ekvator i ekliptika poradi samoga sekularnog pomicanja, je *srednji ekvator i srednja ekliptika* u taj čas. Presjecišta njihova je *srednja proljetna točka* u taj čas, a kut, što ga zatvaraju, je *srednji priklon ekliptike* u taj čas. — Drugo pomicanje, uzeto samo za se, sastavljeno je od mnogo sitnih periodičkih pomicanja; radi njega bi i ekvator i ekliptika u glavnom oscilirali oko srednjega položaja; jednom bi se nalazili iznad njega, zatim bi mu se približavali i napokon s njime podudarali; poslije toga bi se spuštali ispod srednjega položaja i udaljavali od njega do izvjesnoga časa, da se stanu napokon opet vraćati u isti položaj. — Uistinu se oba gibanja sastavljaju, i to sastavljeno gibanje je pravo gibanje nebeskoga ekvatora i ekliptike. Položaj, koji kod toga pravog gibanja imaju ekvator i ekliptika u izvjesnom času, je *pravi ekvator i prava ekliptika* u tom času. Jedna od točaka, u kojoj se doista sijeku u taj čas, je *prava proljetna*

*točka* u taj čas, a kut, što ga zatvaraju je *pravi priklon ekliptike* u taj čas. U praktičnoj se astronomiji upotrebljava samo srednja ekliptika kao osnovna ravnina; ne uzimaju se dakle u obzir njene oscilacije.

Sekularno pomicanje ekvatora i ekliptike zove se *precesijom* njenom, a ono pomicanje, što izlazi iz oscilacija ekvatora, zove se *nutacijom*.

**Gibanje proljetne točke. Vrste godina.** Pomicanja osnovnih ravnina zrcale se u gibanju proljetne točke po ekliptici i u srodnom gibanju njenom po nebeskom ekvatoru. Proljetna točka pomiče se po ekliptici dvojako. Poradi same precesije pomicala bi se ona po pomičnoj ekliptici sporo, uvijek u istom smislu u dugom nizu godina i gotovo razmjerno s vremenom, u sadašnje doba otprilike za  $50^{\circ}26'$  godišnje i to u smislu protivnom od onoga, u kome se broje duljine, radi toga *rastu* duljine svih nebeskih tjelesa. Po nebeskom ekvatoru pomiče se proljetna točka na sličan način, samo godišnje otprilike za  $46^{\circ}09'$ . To pomicanje, *precesija proljetne točke* ili *precesija ekvinokcija*, biva u smislu protivnom od onoga, u kome se Sunce prividno giba na nebu u tijeku godine dana; proljetna točka, u kojoj se središte Sunca našlo na početku proljeća, giba se unatrag, te ide ususret Suncu (*precesija*), koje ima doći u proljetnu točku. Vrijeme dakle, što ga središte Sunca treba da prođe ekliptiku, te da se vrati u proljetnu točku (*tropska godina*), kraće je od onoga, što bi ga trebalo da se vrati u istu točku ekliptike, iz koje je pošlo (*siderička godina*). *Srednje trajanje tropske godine* t. j. poprečno trajanje izvedeno iz opažanja velikog broja godina, je  $365^d 5^h 48^m 45^s 98 = 365\,242\,198\,78$  srednjih Sunčevih dana (vrijedi za početak godine 1900.; duljina se ta nešto mijenja, te se u 1000 godina umanju za  $5^s 38$ ), a *trajanje sideričke godine* je  $365^d 6^h 9^m 9^s 5 = 365\,256\,360\,42$  srednjih dana (g. 1900.; s vremenom se duljina mijenja, no sasvim neznatno). Tropska je godina radi veze s godišnjim dobama za čovjeka najvažnija, te je ona godina na kojoj se osniva kalendar.

U astronomiji se upotrebljava još i treća godina *anomalistička*, t. j. vrijeme, što poprijeke proteče između dva prolaza Sunčeva perigejom, koji dolaze jedan za drugim (ili, što je isto, između dva prolaza Zemlje perihelom, koji dolaze jedan za drugim). Budući da se spojnice perigeja i apogeja Sunčeva u prividnoj ekliptičkoj stazi njegovoj oko Zemlje, t. zv. *pravac apsida*, lagano giba spram istoka, anomalistička je godina nešto dulja od sideričke i iznosi  $365^d 6^h 13^m 53^s 0 = 365\,259\,641\,34$  srednjih dana (g. 1900.; u 100 godina uveća se za  $0^s 3$ ).

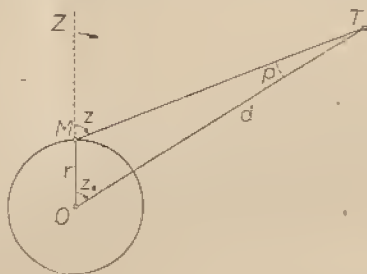
Mjesto, gdje bi se proljetna točka nalazila u izvjesni čas samo radi toga sekularnog pomicanja, je *srednji ekvinokcij* u taj čas; rektascenzije ili duljine mjerene od toga srednjeg ekvinokcija kao ishodišta na srednjem ekvatoru ili srednjoj ekliptici u isti čas jesu *srednje rektascenzije i duljine* Precesija osnovnih ravnina mijenja i ekvatorske i ekliptičke koordinate nebeskih tjelesa.

Dok se srednja proljetna točka pomiče sekularno, oscilira prava proljetna točka oko pomične srednje, i to najviše za nekih  $17''$  na svaku stranu, a dovrši jednu takovu oscilaciju u glavnom za  $18\frac{1}{2}$  god. Ovo drugo periodičko pomicanje je *nutacija proljetne točke*. Kod priklona



ekliptike imamo *nutaciju u priklonu*; prava ekliptika oscilira oko srednje za nekih  $9''$  na svaku stranu te izvrši jednu oscilaciju u istoj periodi od  $18\frac{2}{3}$  god. otprilike. Od srednjih se dakle vrijednosti duljina, rektascenzija ili priklona ekliptike prelazi na vrijednosti njihove mjerene od prave proljetne točke dodavši im iznos nutacije u duljini, rektascenziji ili priklonu ekliptike. — Budući da nutacija potječe samo od pomicanja ekvatora te ne utječe na položaj ekliptike, nutacija je u širini jednaka nuli, dok se duljina nebeskih tjelesa kao i obje ekvatorske koordinate periodički mijenjaju.

**Redukcija na pravo mjesto.** Često se u astronomiji mora prijeći od koordinata nebeskoga tijela mjerenih od srednjega ekvinokcija na početku godine (*srednjega mjesta*) na koordinate mjerene od pravoga ekvinokcija u neki čas (*pravo mjesto*). Tada se najprije doda srednjim koordinatama na početku godine iznos precesije za vrijeme, koje je proteklo od početka godine do dotičnoga časa i time se prijeđe na koordinate mjerene od srednjega ekvinokcija u taj čas. Tim se vrijednostima doda još iznos nutacije u isti čas i tako se dobiju koordinate nebeskoga tijela mjerene od pravoga ekvinokcija u onaj čas. Taj se račun zove *redukcija na pravo mjesto*.



Sl. 4.

**Paralaksa.** Kada se radi o nebeskim tjelesima Sunčeva sustava, valja u račun uzeti promjenu prividnoga položaja njihova, koja nastaje radi toga, što se opažanja ne izvode sva u jednom mjestu Zemlje, nego u različitim mjestima. Da se ta različita opažanja mogu izravno isporučiti, valja ih svesti na vrijednosti, koje bi imala, da su izvedena u istoj točki kugle zemaljske, za koju se uvijek uzima *središte Zemlje* (*geocentrična opažanja*).

Smjer nebeskoga tijela T (sl. 4.) gledanoga iz središta Zemlje O je OT; smjer istoga tijela gledanoga iz mjesta opažanja M je MT. Razlika obadvaju smjerova t. j. kut  $OTM = p$ , je *dnevna paralaksa* tijela T. Jasno je, da je  $p$  i kut, pod kojim se iz središta tijela T vidi polumjer Zemlje  $r$ , koji pripada mjestu M.

Kad se radi na pr. o zenitnim daljinama, vidi se iz sl. 4., da je paralaksa  $p = z$  — to ona korekcija, kojom se prelazi od zenitne daljine  $z$  izmjerene u M na geocentričnu zenitnu daljinu  $z_0$ .

Dnevna je paralaksa najveća, kad je  $z = 90^\circ$ , t. j. kad je tijelo T u horizontu mjesta M; to je *horizontalna paralaksa*. A ako se uzme u obzir, da Zemlja nije kugla, nego vrlo približno rotacioni elipsoid na polovima splošten, t. j. tijelo nastalo rotacijom ellipse oko male osi, imaju mjesta na ekvatoru zemaljskom najveći radij, pa im je i horizontalna paralaksa najveća; to je *horizontalna ekvatorska paralaksa*, dakle kut, pod kojim se vidi radij jednoga mjesta na zemljskom ekvatoru iz središta tijela T u času, kad mu je ono u horizontu. Ta je paralaksa uvijek maleni kut. Kod Sunca iznosi ona u srednjoj daljini Sunca od Zemlje  $8''80$ , kod Mjeseca, koji ima od svih članova Sunčeva sustava najveću paralaksu, iznosi srednja vrijednost njena  $57'2''70$  (Delaunay-Radau), a mijenja se između  $52'$  i  $62'$ .

Budući da je horizontalna ekvatorska paralaksa obrnuto razmjerna s daljinom nebeskog tijela od središta Zemlje, poznavanje je te paralakse isto što i poznavanje daljine, mjerene ekvatorskim radijem Zemlje kao jedinicom (oko 6378 km). Kod Sunca izlazi odatle, da je srednja daljina Sunca od Zemlje 2343919 ekvatorskih radija Zemlje, a srednja daljina Mjeseca od Zemlje 602665 istih jedinica.

Kod opažanja zvijezda stajačica iščezava dnevna paralaksa, no za neke od njih nama dovoljno bliske postoji *godišnja paralaksa*, t. j. promjena prividnog položaja njihova prema tome, s koje se točke u godišnjoj stazi Zemlje oko Sunca zvijezda opaža. Napose se zove *godišnja paralaksa* kut, pod kojim se s te zvijezde vidi polovina velike osi staze Zemlje oko Sunca, kad os stoji okomito na spojnici zvijezde i središta Sunca. Taj je kut uvijek vrlo malen; te najveća danas poznata godišnja paralaksa (zvijezda Proxima Centauri) iznosi  $0''76$ .

**Aberacija.** Ima još jedna korekcija, koju treba uzeti u obzir kod određivanja koordinata nebeskih tjelesa iz opažanja (osim refrakcije, o kojoj vidi dalje, i radi koje se mjerenje odmah poslije opažanja korigira). Uzrok joj je u tom, što mjesto (Zemlja), s koga motrimo nebeska tjelesa, ne miruje u prostoru, nego se giba, a širenje svjetlosti, ma da biva veoma brzo (oko 300.000 km u sekundi), nije ipak časovito. Radi toga se spojnica oka opažačeva i nebeskoga tijela, kako ga vidimo, ne podudara sa smjerom zrake svjetlosti u prostoru. Smjer, u kome vidimo nebeska tjelesa, promijenio se u smislu gibanja Zemlje za neki kut, *kut aberacije*, koji stoji do smjera zrake svjetlosti spram smjera gibanja Zemlje i do omjera brzine Zemlje i brzine svjetlosti; sam se pojav zove *abercija svjetlosti*. Smjer nebeskoga tijela, kako ga daju opažanja, je *prividni smjer*; smjer koji bismo našli, da nema aberacije, je *pravi smjer* nebeskog tijela. Mjesto nebeskoga tijela na nebeskoj kugli, kako ga vidimo i kojega se mjerenja tiču je *prividno mjesto* njegovo (*prividna rektascenzija, daljina*); radi aberacije razlikuje se to mjesto od *pravoga mjesta* njegova.

Iz godišnjega gibanja Zemlje oko Sunca (brzina 29 do 30 km u sekundi) izlazi za zvijezde *godišnja aberacija* zvijezda stajačica, a iz dnevne vrtnje njene oko osi (brzina točke na ekvatoru 465 m u sekundi) izlazi *dnevna aberacija*. Učinak godišnje aberacije na zvijezde stajačice je taj, da svaka zvijezda opiše u godini dana oko pravoga položaja elipsu, kojoj je velika os paralelna s ekliptikom i iznosi  $40''94$ . Za zvijezde, koje



bi se nalazile u polu ekliptike, reducirala bi se elipsa na kružnicu, a za zvijezde u ravnini ekliptike na pravac. Učinak godišnje aberacije na duljinu Sunca vrlo je približno taj, da je *prividna duljina Sunca za 20''-47 manja od prave duljine Sunca*. Dnevna aberacija izvodi malu promjenu u položaju nebeskih tijela. Najveći joj je iznos  $0''.3$ .

Kod članova Sunčeva sustava nađe se pravo mjesto njihovo na temelju teorema sferne astronomije o *planetskoj aberaciji*; prema njemu se prividno mjesto u času  $t$  podudara s pravim mjestom u času  $t - v.a.$ , gdje  $v.a.$  znači *vrijeme aberacije*, t. j. vrijeme, što ga treba svjetlost, da dođe od dotičnoga nebeskog tijela k Zemlji; pri tome je  $v.a. = 498.5'' \times D$ , gdje  $D$  znači daljinu nebeskoga tijela od Zemlje mjerenu astronomskom jedinicom za duljine (o kojoj vidi dalje).

**Reductio ad locum apparentem.** Opažanja, koja se osnivaju na vrtnji Zemlje oko osi, daju *prividne koordinate* nebeskih tijela, koje se odnose na momentani položaj ekvatora i ekliptike, dakle su mjerene od prave proljetne točke u času opažanja. Da se više takovih opažanja može isporučiti, moraju se naći *prave koordinate* njihove mjerene od izvjesnog jednog ekvinokcija. Zato se isprave koordinate najprije radi aberacije i paralakse (godišnje kod stajačica, za koje je paralaksa izmjerena; dnevne kod članova Sunčeva sustava) i tako se dobiju prave koordinate u času opažanja, mjerene od pravoga ekvinokcija u tom času. Uklonivši iz njih *nuraciju* prelazi se na koordinate mjerene od srednjega ekvinokcija u istom času, a uzevši u račun precesiju od toga časa do početka godine dobivaju se koordinate mjerene od srednjega ekvinokcija na početku godine. Odatle se može lako prijeći na drugi koji srednji ekvinokcij. Obrnutim se računima prelazi od srednjih koordinata na početku godine na prividne koordinate u izvjesnom času. Taj se postupak zove *reductio ad locum apparentem*.

**Zvezdano vrijeme.** Vrtinja Zemlje oko svjetske osi u smjeru zapad—istok (ili prividna vrtinja kugle nebeske u smjeru istok—zapad oko iste osi), za koju se može uzeti da je jednolika, već je od davnine uzeta za osnov mjerenja vremena. Počevši od izvjesnog časa u vrtnji Zemlje mjeri se kut, za koji se nebeska kugla okrenula, i on se dovodi u svezu s vremenom. Tako se mjerenje vremena svodi u astronomiji na mjerenje kutova. Prirodno je, da se uzme za taj kut gore definirani satni kut neke točke na nebeskoj kugli, koji radi vrtnje Zemljine neprekidno raste od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ .

Tri se vrsti vremena upotrebljavaju u astronomiji: *zvezdano vrijeme* astronomima najbliže, vezano uz proljetnu točku kao osobitu točku nebeske kugle, te *pravo* i *srednje Sunčevo vrijeme*, radi važnosti Sunca za život.

*Zvezdani dan* je vrijeme, što proteče između dvije gornje kulminacije prave proljetne točke, koje slijede jedna za drugom; praktički uzevši, to je i vrijeme, u kojem Zemlja (ili nebeska kugla) izvrši jedan okret oko osi. *Zvezdano vrijeme* (zv. vr.) u izvjesni čas u izvjesnom mjestu je satni kut prave proljetne točke u taj čas i u tome mjestu. Dakle je u svakom mjestu  $0^h$  zv. vr., kada je proljetna točka u meridijanu toga mjesta u gornjoj kulminaciji,  $1^h$  zv. vr., kad se vrtnjom kugle nebeske

pomakla proljetna točka  $15^\circ$  iz meridijana na zapad, ...,  $23^h$  zv. vr., kad je proljetna točka s istočne strane  $15^\circ$  udaljena od meridijana. Zvezdani dan, koji se počinje u času gornjega prolaza prave proljetne točke meridijanom mjesta ( $0^h$  zv. vr.), ima 24 sata zv. vr. ( $24 \times 60$  minuta zv. vr.,  $24 \times 60 \times 60$  sekunda zv. vr.). — Budući da radi precesije i nutacije prava proljetna točka nije nepomična, niti se giba jednoliko, nije tako definirano zvezdano vrijeme jednolika mjera vremena, niti je duljina zvezdanoga dana konstantna. No razlika spram sasvim jednolike mjere zvezdanoga vremena tako je sitna (iznosi najviše  $1''.05$  na više ili na manje u vremenu od  $18\frac{2}{3}$  godina), da se u praksi astronomskoj i ne uzima u obzir.

S' obzirom na način, kako se broje rektascenzije, jasno je, da svaka točka nebeske kugle dolazi u meridijan za toliko  $h^m s$  kasnije od proljetne točke, kolika joj je rektascenzija (izražena u  $h^m s$ ), da je dakle *zvezdano vrijeme u času gornje kulminacije te točke jednako njenoj rektascenziji*. Prema tome:

sve zvijezde s  $\alpha = 0^h$  kulminiraju u svakom mjestu u  $0^h$  zv. vr.,  
sve zvijezde s  $\alpha = 1^h$  kulminiraju u svakom mjestu u  $1^h$  zv. vr.,

sv zvijezde s  $\alpha = 23^h$  kulminiraju u svakom mjestu u  $23^h$  zv. vr.,  
gdje se pod kulminacijom misli gornja kulminacija; donja se kulminacija događa  $12^h$  zv. vr. kasnije.

Ako se isporuđuje zvezdano vrijeme u koji drugi čas  $t$  s rektascenzijom zvijezde, nalazi se, da općeno vrijedi ova relacija (sl. 3.):

$$(a) \quad t = \alpha + \tau,$$

gdje  $t$  znači zvezdano vrijeme u izvjesnom mjestu i u izvjesnom času,  $\alpha$  rektascenziju nebeskog tijela (zvijezde, Sunca, Mjeseca, i t. d.), a  $\tau$  satni kut njegov u isti čas. Za  $t = 0$  izlazi odatle gornja osobitost u času gornje kulminacije. Na njoj se osniva najjednostavnija metoda za određivanje vremena motrenjem prolaza zvijezde meridijanom mjesta. Ura zvezdanog vremena, koja se ispituje, mora u času, kada zvijezda s poznatom rektascenzijom prolazi meridijanom mjesta, pokazivati toliko  $h^m s$ , kolika je rektascenzija zvijezde. Razlika  $h^m s$  ure i rektascenzije zvijezde daje *corekciju ure*, i time određenje vremena.

**Pravo i srednje Sunčevo vrijeme.** Radi važnosti Sunca za život osniva se na prividnom gibanju njegovu drugo mjerenje vremena. *Pravi Sunčev dan* je vrijeme, što proteče između dvije gornje kulminacije središta pravoga Sunca, koje slijede jedna za drugom, a *pravo Sunčevo vrijeme* (pr. vr.) u nekom mjestu i u neki čas je satni kut središta pravoga Sunca u tom mjestu i u taj čas, kako se vidi iz središta Zemlje. Pravi Sunčev dan, koji se počinje u času gornje kulminacije središta pravoga Sunca (*pravo podne* =  $0^h$  pr. vr.), ima 24 sata pr. vr. ( $24 \times 60$  minuta pr. vr.,  $24 \times 60 \times 60$  sekunda pr. vr.).

Budući da gibanje pravoga Sunca u ekliptici nije jednoliko, a i događa se u ravnini nagnutoj spram nebeskog ekvatora, mijenja se trajanje pravoga Sunčeva dana u tijeku godine, pa rako pravo vrijeme nije zgodna mjera vremena. Stoga se uvodi mjesto pravoga Sunca, koje se nejednoliko

giba u ekliptici, pomišljeno jedno *srednje Sunce*, koje se *jednoliko giba u nebeskom ekvatoru* u smislu, u kome se broje rekrascenzije, i to tako, da s nikada mnogo ne udalji od pravoga Sunca, a svršava jedan ophod po nebeskom ekvatoru u istom vremenu u kome popriječko i pravo Sunce (tropska godina). *Srednji Sunčev dan*, ili kraće, *srednji dan*, je vrijeme što proteče između dvije gornje kulminacije srednjega Sunca, koje slijede jedna za drugom; taj je dan konstantne duljine. *Srednje vrijeme astronomsko* ili naprosto *srednje vrijeme* (sr. vr.) u nekom mjestu i u neki čas je sati kut srednjega Sunca u tom mjestu i u taj čas +12h. Srednji astronomski dan počinjao se naime do 1925. u času gornje kulminacije srednjega Sunca (*srednje podne* = 0h sr. vr.), no od 1925. broji se i u astronomiji od donje kulminacije (*srednja ponoć* = 0h sr. vr.), te ima 24 sata sr. vr. (24 × 60 minuta sr. vr., 24 × 60 × 60 sekunda sr. vr.).

**Gradansko vrijeme.** Tim se srednjim vremenom služimo u svakodanem životu. *Gradanski srednji dan* počinje u srednjoj ponoći i broji se ili od 0h do 24h (prihvaćeno u Jugoslaviji), ili od 0h do 12h s oznakom prije podne i od 0h do 12h s oznakom poslije podne.

**Vrijeme i geografska duljina.** Sva ta vremena, zvjezdano, pravo i srednje, vezana su o meridijan u mjestu opažanja, pa su stoga *mjesna vremena*; samo ona mjesta na Zemlji imaju u isti čas isto vrijeme, koja leže na istom meridijanu. Mjesta, koja leže *istočno* od izvjesnog mjesta, imaju za toliko h m s *više* vremena, za koliko je geografska duljina njihova izražena u h m s *veća* od one u prvom mjestu; a mjesta *zapadna*, za toliko *manje*. *Osnovni meridijan* (nul-meridijan), od koga se danas u astronomiji većinom broje duljine, je meridijan zvjezdarnice u Greenwichu; on je uzet za *osnovni meridijan* i u drugom dijelu ovoga kalendara.

Ako je dakle *τ* vrijeme (zv. vr., pr. vr., sr. vr.) u Greenwichu, a *t* vrijeme iste vrste u isti čas u mjestu s geografskom duljinom *λ* izraženom u h m s, brojenom od Greenwicha od 0h do 12h, s predznakom +, ako je mjesto zapadno od Greenwicha, a —, ako je istočno (sl. 5.), tada se prelazi od vremena *τ* na vrijeme *t* (ili obratno) relacijom:

$$(b) \quad t = \tau + \lambda$$

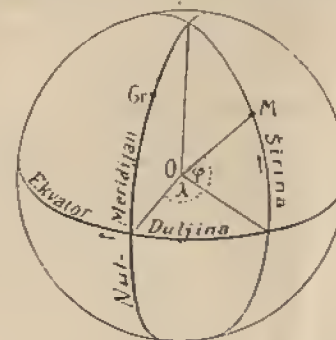
Ako se pri tome dobije (kod sr. vr. ili pr. vr.) više od 24h ili negativan broj sati, mijenja se datum za 1 dan na više ili manje. Na pr. Mart 3, 28h ili Mart 5, —20h znače isto što i Mart 4, 4h.

Primjeri. 1. Neki pojav dogodio se u Greenwichu dne 23. V. u 11h 34m 36s srednjega mjesnog vremena. Koliko je u isti čas srednje mjesno vrijeme u Quitu ( $\lambda = +5^h 15^m 20^s$ )? Iz (b) izlazi za traženo vrijeme u Quitu: 23. V. 6h 19m 6s.

2. — Opažanje neko izvedeno je u Hong Kongu ( $\lambda = -7^h 36^m 42^s$ ) dne 18. III. u 4h 28m 24s srednjega mjesnog vremena. Koliko je greenwichko srednje vrijeme u isti čas? Iz (b) izlazi: 18. III. —3h 8m 18s = 17. III. 20h 51m 42s.

Prije uvođenja meridijana greenwichkog kao početnoga meridijana upotrebljavale su različne efemeride različite početne meridijane. Slijedeća

tablica daje najvažnije od tih meridijana i međusobni njihov odnošaj; predznak + znači, da je mjesto zapadno od dotičnoga početnog meridijana; — da je istočno.



Sl. 5.

| Ferro      | Greenwich  | Paris      | Berlin     |
|------------|------------|------------|------------|
| h m s      | h m s      | h m s      | h m s      |
| 0 0 0'0    | —1 10 39'1 | —1 20 0'0  | —2 4 13'9  |
| +1 10 39'1 | 0 0 0'0    | —0 9 20'9  | —0 53 34'8 |
| +1 20 0'0  | +0 9 20'9  | 0 0 0'0    | —0 44 13'9 |
| +2 4 13'9  | +0 53 34'8 | +0 44 13'9 | 0 0 0'0    |

**Vremenski sektori ili zone.** Da se uklone iz javnoga života mnoge neprilike, koje izlaze iz porabe različitih mjesnih vremena, uvedena su u većini država *τ*, zv. *vremena sektora* ili *zona*. Cijela se Zemlja razdijeli meridijanima u 24 jednaka sferna dvokuta, od kojih svaki mjeri na ekvatoru zemaljskom 15° = 1h duljine. Meridijan greenwichki (0h duljine) prolazi sredinom prvoga vremenskog sektora; meridijan s geografskom duljinom 15° = 1h istočno od Greenwicha prolazi sredinom drugoga vremenskog sektora itd. Tada sve javne ure u jednom takvom sektoru moraju pokazivati isti broj sati, minuta i sekunda, koji pokazuju ure u središnjem meridijanu sektora, t. j. moraju pokazivati mjesno vrijeme središnjega meridijana u tome sektoru (*zakonito vrijeme*, ma da se mjesna vremena u pojedinim mjestima sektora razlikuju od toga vremena), a sve javne ure različitih sektora pokazuju u isti čas isti broj minuta i sekunda, dok im se broj sati razlikuje za cijele brojeve. Sve javne ure prvoga sektora pokazuju mjesno vrijeme greenwichko ili t. zv. *zapadnoevropsko vrijeme*; sve javne ure drugoga sektora pokazuju mjesno vrijeme 15. meridijana istočno od Greenwicha ili t. zv. *srednjeevropsko vrijeme*, koje je za 1h veće od zapadnoevropskoga vremena i t. d. Prema položaju i veličini svojoj



odabiru države po jedno ili više takovih konvencionalnih vremena. Ta se vremena počinju upotrebljavati i u svrhe plovljenja. Dosada su ih uvele mnoge mornarice određivši, da brodske ure moraju pokazivati vrijeme onoga sektora, u kome se upravo nalaze. U nekim državama iz ekonomskih razloga se ljeti promijeni obično označivanje sati za 1<sup>h</sup> na više (*ljetno vrijeme*). U Sovjetskom Savezu vrijedi to cijele godine (*dekretno vrijeme*).

**Veza pravoga i srednjega vremena.** Tu vezu u svaki čas daje *jednadžba vremena*, t. j. broj minuta i sekunda, koje valja algebarski dodati srednjemu vremenu, da se dobije pravo vrijeme u isti čas. Dakle je *jednadžba vremena* = pravo vrijeme minus srednje vrijeme.

Prije se upotrebljavala i obratna definicija.

No kako je s obzirom na (a):

zv. vr. u neki čas =  $\alpha$  pravoga Sunca + pr. vr. u taj čas,

zv. vr. u isti čas =  $\alpha$  srednjega Sunca + sr. vr. u taj čas,

to je:

*jednadžba vremena* =  $\alpha$  srednjega Sunca —  $\alpha$  pravoga Sunca.

Ako pravo Sunce prolazi meridijanom mjesta prije srednjeg Sunca, *jednadžba vremena* je +, ako poslije, ona je —. U godini 1951. ima *jednadžba vremena* najmanju vrijednost —14<sup>m</sup>20<sup>s</sup> dne 12. II., najveću +16<sup>m</sup>23<sup>s</sup> dne 4. XI. Četiri se puta podudara srednje vrijeme s pravim, t. j. *jednadžba vremena* je nula. U godini 1951. je to između 16. i 17. IV., 14. i 15. VI., 2. i 3. IX., te 25. i 26. XII. Oko 12. II. prolazi pravo Sunce meridijanom mjesta gotovo  $\frac{1}{4}$ <sup>h</sup> poslije srednjeg podneva, pa je u te dane poslije podne gotovo  $\frac{1}{4}$ <sup>h</sup> dulje od prijepodneva, dok je oko 4. XI. poslije podne za više od  $\frac{1}{4}$ <sup>h</sup> kraće od prijepodneva.

Prema tome je tijek promjene *jednadžbe vremena* ovaj:—u januaru je *jednadžba vremena* negativna (—) i pada do 12. februara, kad dosegne najmanju vrijednost; orada raste ostajući negativna do sredine aprila, kad joj je vrijednost 0. Zatim bude pozitivna (+) te raste do 15. maja; ostajući pozitivna pada opet do vrijednosti 0 (14.—15. juna), prelazi na negativne vrijednosti i pada do 27. jula; poslije toga raste ostajući negativna do vrijednosti 0 (2.—3. septembra), bude pozitivna te raste dalje do 3. novembra, kad joj je vrijednost najveća. Od toga dana opet pada ostajući pozitivna do 0 (25.—26. decembra), prelazi tada na negativne vrijednosti i pada do konca godine.

**Veza zvjezdanoga i srednjega vremena.** Srednje Sunce giba se jednoliko u nebeskom ekvatoru u smislu protivnom dnevnoj vrtnji neba, t. j. od zapada na istok, te se u svakom srednjem danu udalji od proljetne točke za 3548''33043 = 0°59'8''33043; ono izvrši potpun jedan ophod u ekvatoru, t. j. prođe puni kut od 360° (= 1 296 000'') od V do V u vremenu, koje se zove *tropska godina* i koje je jednako

$$\frac{1\ 296\ 000}{3548''33043} = \frac{1}{0'002\ 737\ 909} = 365.242\ 198\ 79 \text{ srednjih dana.}$$

Radi toga pomicanja srednjega Sunca u ekvatoru srednji je Sunčev dan za 3<sup>m</sup>56<sup>s</sup>55536 zv. vr. (= 3<sup>m</sup>55<sup>s</sup>90942 sr. vr. = 3548''33043) dulji

od zvjezdanoga dana, a za toliko  $m$  i  $s$  zv. vr. prolazi proljetna točka (a i zvijezde) svaki dan ranije meridijanom mjesta. Radi toga i pada u tijeku godine početak zvjezdanoga dana redom u sve sate srednjega Sunčeva dana.

To sve ranije dnevno prolaženje meridijanom mjesta nagomila se u

24<sup>h</sup>

$$\frac{3m56s55536}{24}$$

= 365'242 198 79 srednjih dana, t. j. u jednoj tropskoj godini, na jedan cio zvjezdani dan, tako da je broj kulminacija (na pr. gornjih) proljetne točke u tome razdoblju za 1 veći od broja kulminacija iste vrste srednjega Sunca, a tropska godina ima prema tome zvjezdanih dana za 1 više nego srednjih Sunčevih dana.

Postoji dakle ova relacija:

$$366'242\ 198\ 79 \text{ zvjezdanih dana} = 365'242\ 198\ 79 \text{ srednjih dana.}$$

Odatle izlazi:

$$1 \text{ zvjezdani dan} = \frac{365'242\ 198\ 79}{366'242\ 198\ 79} \text{ srednjega dana,}$$

ili

$$1 \text{ zvjezdani dan} = 0'997\ 269\ 567 \text{ srednjega dana,}$$

$$1 \text{ srednji dan} = 1'002\ 737\ 909 \text{ zvjezdanoga dana.}$$

Isto u vremenu izraženo:

$$24^h \text{ zv. vr.} = 24^h \text{ sr. vr.} - \frac{3m55s90942}{24} \text{ sr. vr.,}$$

$$24^h \text{ sr. vr.} = 24^h \text{ zv. vr.} + \frac{3m56s55536}{24} \text{ zv. vr.}$$

Odatle:

$$1^h \text{ zv. vr.} = 1^h \text{ sr. vr.} - \frac{3m55s90942}{24} \text{ sr. vr.}$$

$$= 1^h \text{ sr. vr.} - 9s82956 \text{ sr. vr.,}$$

$$1^h \text{ sr. vr.} = 1^h \text{ zv. vr.} + \frac{3m56s55536}{24} \text{ zv. vr.}$$

$$= 1^h \text{ zv. vr.} + 9s85647 \text{ zv. vr.}$$

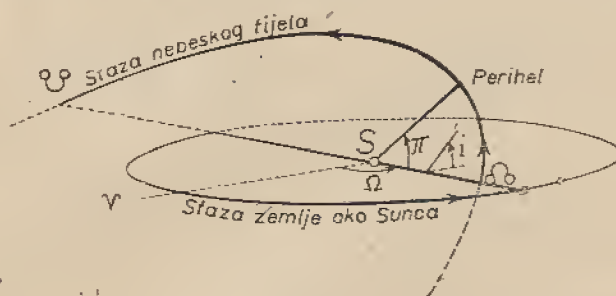
Ako se dakle mora izvjestan broj  $h$   $m$   $s$  zvjezdanoga vremena pretvoriti u srednje vrijeme, valja od broja  $h$   $m$   $s$  zvjezdanoga vremena za svaki sat zvjezdanoga vremena (a proporcionalno i za  $m$  i  $s$  prikazane kao decimalni dijelovi sata) oduzeti 9<sup>s</sup>83;

ako se mora izvjestan broj  $h$   $m$   $s$  srednjega vremena pretvoriti u zvjezdano vrijeme, valja k svakome satu srednjega vremena (a proporcionalno za  $m$  i  $s$  prikazane kao decimalni dijelovi sata) dodati 9<sup>s</sup>856.

**Veza zvjezdanoga i pravoga vremena.** Ta veza izlazi iz osnovne relacije (a): zvjezdano vrijeme u izvjesnom času jednako je pravome vremenu u tom času uvećanom za prividnu rektascenziju središta pravoga Sunca u istom času, kako se vidi iz središta Zemlje (geocentrična rektascenzija).

## ELEMENTI SUNČEVA SUŠTAVA

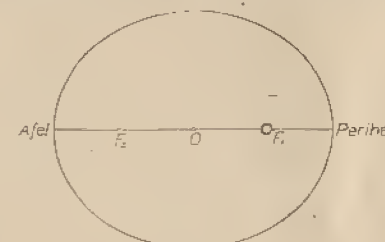
Za planete se može uzeti, da u svom gibanju oko Sunca opisuju elipse, kojima je Sunce u jednom žarištu; samo se veličine, koje određuju svaku od tih elipsa, s vremenom mijenjaju radi perturbacija, što ih na svako tijelo, koje se giba u prostoru, izvode druga svemirska tjelesa svojim privlačenjem. U elipsama se gibaju i svi *sateliti* (mjeseci) oko svojih planeta, a vjerojatno je, da i svi *kometi* u gibanju svom oko Sunca opisuju staze, koje su elipse. *Elementi eliptičke staze* jesu veličine, koje određuju elipsu. Tih elemenata ima šest: dva određuju položaj ravnine, u kojoj se nalazi staza nebeskoga tijela, druga dva određuju oblik i veličinu elipse, u kojoj se nebesko tijelo giba; daljnji nam jedan element kazuje, kako je ta elipsa u svojoj ravnini zaokrenuta, a šesti element daje čas, kada je nebesko tijelo prošlo na pr. u najvećoj blizini Sunca, t. j. kada je bilo u perihelu (za Mjesec u perigeju, za Jupiterove mjesece u perijovu i t. d.)



Sl. 6.

— *Osnovna ravnina*, spram koje se ravnaju sve ostale ravnine, je *ravnina ekliptike*, u kojoj leži i spojnica središta Sunčeva sa proljetnom točkom, t. zv. *ekvinokcijalni pravac*. — Svaka staza nebeskoga tijela presijeca ravninu ekliptike u dvije točke, koje se zovu *čvorovi*. Onaj čvor, u kom staza presijeca ravninu ekliptike, dolazeći iz prostora ispod ravnine ekliptike u prostor iznad nje, zove se *uzlazni čvor*, dok kod prelaza iz prostora iznad ravnine ekliptike u prostor ispod nje siječe staza ekliptiku u *silaznom čvoru*. — *Položaj ravnine*, u kojoj leži staza nebeskoga tijela, određuju dva elementa: 1.  $\Omega$  — *dužina uzlaznoga čvora*, t. j. kut, koji zatvara spojnica obaju čvorova s ekvinokcijalnim pravcem (sl. 6.); broji

se u ekliptici počevši od ekvinokcijalnog pravca od  $0^\circ$ — $360^\circ$  u smislu gibanja Zemlje; 2.  $i$  — *priklon ravnine staze* nebeskoga tijela spram ravnine ekliptike; definira se onako, kako geometrija definira priklon dviju ravnina, a broji se od ekliptike počevši od  $0^\circ$ — $180^\circ$ . Kut priklona definirao se prije i tako, da je uvijek bio manji od  $90^\circ$ , samo je smjer gibanja dobio tad oznaku: *direktan* ili *retrogradan* prema tome, da li se podudarao sa smjerom gibanja Zemlje ili je bio suprotan. Uz prvu definiciju sva su gibanja direktna. *Oblik i veličinu staze* tijela određuju:



Sl. 7.

3.  $a$  — *srednja daljina nebeskoga tijela od Sunca* ili *polovina velike osi elipse*, u kojoj se nebesko tijelo kreće; mjeri se *astronomskom jedinicom* za *duljine*, koja je gotova jednaka srednjoj daljini Zemlje od Sunca, a definira se kao radij kružne staze, što bi je oko Sunca opisalo tijelo mase 0 za 365 d 236 898; 4.  $e$  — *ekscentricitet staze*, t. j. kvocijent daljine žarišta od središta elipse i polovine velike osi te elipse. — *Smještaj eliptičke staze* u njenoj ravnini određuje: 5.  $\omega$  — *dužina perihela*; to je zbroj od dva kuta, od duljine uzlaznoga čvora  $\Omega$  i kuta  $\pi$ , koji čini velika os (pravac apsida) s pravcem, koji spaja oba čvora ( $\omega = \Omega + \pi$ ). Taj se kut broji najprije u ravnini ekliptike od ekvinokcijalnoga pravca do čvora, i dalje u ravnini staze u smislu gibanja nebeskoga tijela. — Napokon valja znati, u kojoj se točki svoje staze nalazi nebesko tijelo u izvjesni čas. Za to se daje: 6. *čas prolaza perihelom*. Često se još navodi *ophodno vrijeme*  $T$ , t. j. vrijeme, što proteče, dok se nebesko tijelo vrati u točku svoje staze, iz koje je pošlo, i *srednje gibanje*  $n = 2\pi : T$ .



# ELEMENTI STAZA SUNEČEVA SUSTAVA

| ZNAK I<br>IME<br>PLANETA | Srednja daljina<br>od Sunca<br>a |                        | Srednja<br>revolucija<br>u tropskim<br>godinama<br>T | Ekscen-<br>tricitet<br>e | Prikon<br>prema<br>ekliptici<br>i | Doljina<br>uzlaznog<br>čvora<br>Ω | Doljina<br>perihela<br>π | Srednja<br>daljina za<br>10500<br>L | Promjena<br>u<br>1 julijan.<br>godini =<br>365,256d |
|--------------------------|----------------------------------|------------------------|--|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---|
|                          | astronom.<br>jedinicama          | u<br>milijardama<br>km |  |                          |                                   |                                   |                          |                                     |   |
| ☿ MERKUR                 | 0,387 099                        | 57,80                  | 0,24085  | 0,205 655                | 7 60 13,7                         | 47 41 19,4                        | 76 40 39,2               | 36 33 33,9                          | 1,098 7407  |
| ♀ VENERA                 | 0,723 321                        | 108,13                 | 0,61521  | 0,006 797                | 3 23 38,9                         | 76 13 46,4                        | 130 52 03,5              | 83 02 23,5                          | 583 74029   |
| ♁ ZEMLJA                 | 1,000 000                        | 149,50                 | 1,00001  | 0,010 730                | —                                 | —                                 | 102 01 50,1              | 100 20 53,1                         | 300 0977  |
| ♂ MARS                   | 1,523 088                        | 227,79                 | 1,88089  | 0,093 859                | 1 51 0,0                          | 49 10 19,1                        | 335 08 19,1              | 141 48 39,4                         | 191 4150  |
| ♃ JUPITER                | 5,202 803                        | 777,82                 | 11,86223   | 0,048 118                | 1 18 21,2                         | 90 56 48,5                        | 138 31 04,3              | 310 11 39,5                         | 39 79300  |
| ♄ SATURN                 | 9,538 843                        | 1126,05                | 29,45772   | 0,055 715                | 2 29 23,1                         | 113 13 14,4                       | 92 04 12,8               | 158 19 26,9                         | 12 2331   |
| ♅ URAN                   | 19,190 078                       | 2869,45                | 84,01529   | 0,047 024                | 0 46 29,7                         | 73 11 23,7                        | 169 17 27,8              | 68 18 18,2                          | 4 29861   |
| ♆ NEPTUN                 | 30,070 672                       | 4495,35                | 164,78829  | 0,008 437                | 1 46 28,1                         | 131 13 42,3                       | 44 28 05,4               | 194 58 25,1                         | 2 71950   |
| ♇ PLUTON                 | 39 157 13                        | 5808,80                | 247,6809   | 0,248 6                  | 17 00                             | 109 38                            | 223 31                   | 165 37                              | 1 17  |

# PODACI O VELIKIM PLANETIMA

| P L A N E T | Sino-<br>dična<br>revolu-<br>cija<br>u<br>danima | Tra-<br>janje<br>revo-<br>lucije | Masa                    |                         | Ekvatorski promjer |          |                 | Prikon<br>ekva-<br>toru<br>prema<br>stazi<br>planeta | Sterni<br>altitudo | Nuljeća<br>pri-<br>vidna<br>veličina | Broj<br>sate-<br>lita |
|-------------|--|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|----------|-----------------|--|--------------------|--------------------------------------|-----------------------|
|             |  |                                  | Sunčeva<br>masa<br>= 1  | Zemljina<br>masa<br>= 1 | Zemlja<br>= 1      | Prividat | Ploštinost      |  |                    |                                      |                       |
|             |  |                                  |                         | u<br>km                 |                    | Nuljeći  | Nalima-<br>niti |  |                    |                                      |                       |
| MERKUR      | 115,88   | d 88 (7)                         | $\frac{1}{6 120 000}$   | 0,054                   | 1 900              | 0,38     | 12"             | —  | 0,07               | — 1,2                                | 0                     |
| VENERA      | 583,92   | 225 (7)                          | $\frac{1}{405 045}$     | 0,814                   | 18 290             | 0,96     | 00              | —  | 0,59               | — 1,3                                | 0                     |
| ZEMLJA      | —  | u m s<br>23 56 4                 | $\frac{1}{332 488 27}$  | 1,000                   | 12 757             | 1,00     | —               | $\frac{1}{297}$                                      | 10,45              | —                                    | 1                     |
| MARS        | 779,93   | 24 37 23                         | $\frac{1}{3 140 000}$   | 0,107                   | 0 800              | 0,53     | 20              | $\frac{1}{190}$                                      | 0,15               | — 2,8                                | 2                     |
| JUPITER     | 396,85   | 9 50                             | $\frac{1}{1047 35}$     | 318,4                   | 132 700            | 11,10    | 50              | $\frac{1}{15}$                                       | 0,14               | — 2,6                                | 11                    |
| SATURN      | 373,60   | 10 14                            | $\frac{1}{3501 9}$      | 95,0                    | 120 800            | 9,17     | 21              | $\frac{1}{10}$                                       | 0,42               | 0,5                                  | 9                     |
| URAN        | 309,60   | 10 45                            | $\frac{1}{22 860}$      | 14,6                    | 49 700             | 3,99     | 40              | $\left(\frac{1}{14}\right)$                          | 0,45               | 5,4                                  | 5                     |
| NEPTUN      | 367,48   | 16 40                            | $\frac{1}{19 314}$      | 17,2                    | 41 000             | 3,49     | (2,3)           | $\left(\frac{1}{45}\right)$                          | 0,32               | 7,0                                  | 2                     |
| PLUTON      | 366,74   | ?                                | $\frac{1}{(3 330 000)}$ | (0,1)                   | 5 700              | 0,41     | (0,24)          | ?  | 0,17               | 14,2                                 | ?                     |

# SATELITI VELIKIH PLANETA

| OZNAKA<br>SATELITA | Otkriće        | Prividna<br>veličina | Daljina od planeta       |                     | Revolucija u danima |               | Ekscentri-<br>citet<br>staze | Priklon<br>staze<br>prema<br>stazi<br>planeta | Promjer<br>u km |
|--------------------|----------------|----------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------|------------------------------|---|-----------------|
|                    |                |                      | u<br>radijima<br>planeta | u<br>tisućama<br>km | Siderična           | Stacionarna   |                              |   |                 |
| Z E M L J A        |                |                      |                          |                     |                     |               |                              |   |                 |
| I Mjesec           | ---            | ---                  | 69.27                    | 384.403             | d<br>27.32169       | d<br>29.33053 | 0.0549                       | 5° 8' 43"-3                                   | 3473.2          |
| M A R S            |                |                      |                          |                     |                     |               |                              |   |                 |
| I Fobos            | Hall 1877      | m<br>11.0            | 2.77                     | 9.4                 | 0.31891             | 0.31906       | 0.017                        | 27.48   | (16)            |
| II Deimos          | Hall 1877      | 11.5                 | 0.35                     | 23.0                | 1.26214             | 1.26175       | 0.003                        | 27.11   | (8)             |
| J U P I T E R      |                |                      |                          |                     |                     |               |                              |   |                 |
| I Jo               | Gallei 1610    | 5.5                  | 5.21                     | 422                 | 1.76911             | 1.70960       | Probijanja                   |   | 3730            |
| II Evropa          | Gallei 1610    | 0.0                  | 0.40                     | 671                 | 3.55118             | 3.55109       |                              | (2.51)  | 3150            |
| III Ganimed        | Gallei 1610    | 5.1                  | 14.99                    | 1070                | 7.15455             | 7.10839       |                              | (2.33)  | 5540            |
| IV Kalisto         | Gallei 1610    | 6.3                  | 20.36                    | 1881                | 10.69899            | 10.73355      |                              | (2.36)  | 5430            |
| V —                | Barnard 1862   | 13.9                 | 2.53                     | 181                 | 0.40818             | 0.40824       |                              | (2.00)  | (160) ?         |
| VI —               | Perrino 1904   | 14.7                 | 160.46                   | 11452               | 230.011             | 230.0         | 0.155                        | 28.93   | (100) ?         |
| VII —              | Perrino 1905   | 17.5                 | 164.46                   | 11708               | 240.5               | 270.67        | 0.207                        | 29.24   | (104) ?         |
| VIII —             | Melotte 1908   | 17                   | 329.30                   | 23503               | 738.0               | 631.3         | 0.38                         | 119.2   | (101) ?         |
| IX —               | Nicholson 1914 | 18                   | 351.00                   | 24032               | 745                 | 636           | 0.248                        | 156.2   | (32) ?          |
| X —                | Nicholson 1928 | 19                   | 101.10                   | 11783               | 200.00              | 270.7         | 0.182                        | 28.37   | ?               |
| XI —               | Nicholson 1938 | 19                   | 330.40                   | 23531               | 692.5               | 741.3         | 0.207                        | 103.38  | ?               |

| OZNAKA<br>SATELITA | Otkriće          | Prividna<br>veličina | Daljina od planeta    |                  | Revolucija u danima |              | Ekscentri-<br>citet<br>staze | Priklon<br>staze<br>prema<br>stazi<br>planeta | Promjer<br>u km |
|--------------------|------------------|----------------------|-----------------------|------------------|---------------------|--------------|------------------------------|---|-----------------|
|                    |                  |                      | u radijima<br>planeta | u tisućama<br>km | Siderična           | Stacionarna  |                              |   |                 |
| S A T U R N        |                  |                      |                       |                  |                     |              |                              |   |                 |
| I Mimas            | Herschel 1789    | m<br>12.1            | 3.07                  | 165.0            | d<br>0.94542        | d<br>0.94250 | 0.010                        | 29.7  | (640)           |
| II Enceladus       | Herschel 1789    | 11.6                 | 3.04                  | 238              | 1.37622             | 1.37630      | 0.0046                       | 20.5  | (800)           |
| III Tethys         | Cassini 1684     | 10.5                 | 4.88                  | 295              | 1.88760             | 1.88811      | 0.000                        | 20.2  | (1280)          |
| IV Dione           | Cassini 1684     | 10.7                 | 0.24                  | 377              | 2.73602             | 2.73819      | 0.002                        | 28.5  | (1120)          |
| V Rhea             | Cassini 1672     | 10.0                 | 8.72                  | 557              | 4.51750             | 4.51040      | 0.001                        | 28.2  | (1780)          |
| VI Titan           | Huyghens 1655    | 8.3                  | 20.22                 | 1321             | 15.94512            | 15.96904     | 0.020                        | 27.7  | 4160            |
| VII Hyperion       | Bond 1848        | 15.0                 | 24.40                 | 1470             | 21.27062            | 21.3188      | 0.120                        | 27.8  | (480)           |
| VIII Japet         | Cassini 1671     | 11.0                 | 68.01                 | 3558             | 70.33015            | 70.929       | 0.088                        | 18.1  | (1060)          |
| IX Phoeb           | Plekerling 1898  | 14.5                 | 211.1                 | 12050            | 550.18              | 583.7        | 0.106                        | 174.1   | (336)           |
| X Temis*           | Plekerling 1904* | *                    | *                     | *                | *                   | *            | *                            | *   | *               |
| U R A N            |                  |                      |                       |                  |                     |              |                              |   |                 |
| I Ariel            | Lassell 1851     | 16                   | 7.71                  | 102              | 2.52038             | 2.55009      | 0                            | 08.6  | (900)           |
| II Umbriel         | Lassell 1851     | 16.5                 | 10.75                 | 267              | 4.14418             | 4.14473      | 0                            | 88.6  | (640)           |
| III Titania        | Herschel 1787    | 14.0                 | 17.03                 | 436              | 8.70587             | 8.70833      | 0                            | 98.6  | (1000)          |
| IV Oberon          | Herschel 1787    | 14.3                 | 20.57                 | 580              | 13.40324            | 13.40917     | 0                            | 08.0  | (1400)          |
| V Miranda          | Kuiper 1948      | (17.5)               | (5.2)                 | (130)            | (1.41380)           | —            | (0)                          | (98)  | ?               |
| N E P T U N        |                  |                      |                       |                  |                     |              |                              |   |                 |
| I Triton           | Lassell 1846     | 13.0                 | 15.83                 | 353              | 5.87883             | 5.87740      | —                            | 13.0  | (4800)          |
| II Neroid          | Kuiper 1949      | —                    | —                     | 82000            | —                   | —            | —                            | —   | —               |

\* Otkriće tog satelita nikad nije potvrđeno, pa ga mnogi astronomski almanasi više ne navode.

\* Otkriće tog satelita nikad nije potvrđeno, pa ga mnogi astronomski almanasi više ne navode.



# ASTRONOMSKE KONSTANTE I PODACI

## 1. Astronomske konstante\*)

|  |  |                               |        |
|--|--|-------------------------------|--------|
|  | d  | d                             |        |
| Dužina godine: Tropska godina . . .                    | 365 242 198 79                                   | — 0 000 000 0614 · t          |        |
| Siderična godina . . .                                 | 365 256 360 42                                   | + 0 000 000 0011 · t          |        |
| Anomalistička godina . . .                             | 365 256 413 4                                    | + 0 000 000 0304 · t          |        |
| Julijanska godina . . .                                | 365 25   |                               |        |
|  | d  | d h m s                       |        |
| Dužina mjeseca: Tropski mjesec . . .                   | 27 321 581 6                                     | = 27 7 43 4 61                |        |
| Siderični mjesec . . .                                 | 27 321 660 9                                     | = 27 7 43 11 51               |        |
| Anomalistički mjesec . . .                             | 27 554 550 2                                     | = 27 13 18 33 16              |        |
| Drakonički mjesec . . .                                | 27 212 217 8                                     | = 27 5 5 35 80                |        |
| Sinodični mjesec . . .                                 | 29 530 588 1                                     | = 29 12 44 2 78               |        |
|  | 24h 00m 00s0                                     | zvjezdano vrijeme             |        |
| Dužina dana: zvjezdani dan . . .                       | 23h 56m 04s0906                                  | srednjeg vremena              |        |
|  | 0d099726 9567                                    | srednjih dana                 |        |
|  | 24h 03m 56s5553                                  | zvjezdano vrijeme             |        |
| srednji dan . . .                                      | 24h 00m 00s0                                     | srednjeg vremena              |        |
|  | 1d000273 7909                                    | zvjezdanih dana               |        |
|  | U julijanskoj godini: U tropskoj godini: U danu: |                               |        |
| Broj sati . . .  | 8 766  | 8 765 813                     | 24     |
| Broj minuta . . .                                      | 525 960  | 525 948 77                    | 1 440  |
| Broj sekunda . . .                                     | 31 557 600                                       | 31 556 926 0                  | 86 400 |
| Opće konstante:  |  |                               |        |
| Gaussova konstanta { k = 0 017 202 099                 | log k = 8 235 58 144 14 - 10                     |                               |        |
| gravitacije { k" = 3548 187 61                         | log k" = 3 550 00 657 46                         |                               |        |
| Konstanta gravitacije po astronomskim mjerenjima . . . |  | 6 670 70 <sup>-8</sup> c.g.s. |        |
| Brzina svijetla po astronomskim mjerenjima . . .       | 299 860 ± 30 km sec <sup>-1</sup>                |                               |        |
| Konstanta aberacije . . .                              | 20 47  |                               |        |
| Aberaciono vrijeme . . .                               | 498 57   |                               |        |
| Opća precesija . . .                                   | 50 256 41 + 0 000 222 29 · t                     |                               |        |
| Precesija u rektascenziji . . .                        | 46 085 06 + 0 000 279 45 · t                     |                               |        |
|  | = 3 072 34 + 0 000 0186 · t                      |                               |        |
| Precesija u deklinaciji . . .                          | 20 046 85 — 0 000 085 33 · t                     |                               |        |
| Konstanta nutacije . . .                               |  | 9 210                         |        |
| Priklon ekvatora i ekliptike . . .                     | ε = 23 27 8 26 — 0 468 44 · t                    |                               |        |

(\*) U formulama znači t broj godina, proteklih poslije 1. januara 1900.

## 2. Astronomske podaci o Suncu

|   |                           |
|---|---------------------------|
| Prividni promjer: najmanji . . .                              | 31' 27"                   |
| srednji . . .   | 31' 59" 26                |
| najveći . . .   | 32' 32"                   |
| Pravi promjer: u linearnoj mjeri . . .                        | 1 391 106 km              |
| u Zemljinim promjerima . . .                                  | 109 04                    |
| Površina: u Zemljinim površinama . . .                        | 11 900                    |
| Obujam: u Zemljinim obujmovima . . .                          | 1 300 000                 |
| Masa: u gramima . . .   | 1 98 10 <sup>33</sup> g   |
| u Zemljinim masama . . .                                      | 333 432                   |
| Srednja gustoća: prema vodi . . .                             | 1 41                      |
| prema gustoći Zemlje . . .                                    | 0 256                     |
| Teža na ekvatoru: prema teži na ekvatoru Zemlje . . .         | 28                        |
| Akceleracija prostog pada . . .                               | 273 8 m sec <sup>-2</sup> |
| Trajanje rotacije na ekvatoru . . .                           | 25 d 438                  |
| Priklon ekvatora prema ekliptici . . .                        | 7° 10' 5                  |
| Duljina uzlaznog čvora Sunčeva ekvatora prema ekliptici . . . | 73° 48' 375               |
| Horizontalna ekvatorska paralaksa Sunca . . .                 | 8 80                      |
| Srednji period Sunčevih pjega . . .                           | 11 1 godina               |
| Prividna (zvjezdana) veličina Sunca . . .                     | — 26 m7                   |
| Apsolutna (zvjezdana) veličina Sunca . . .                    | + 4 m85                   |

## 3. Astronomske podaci o Zemlji

|  |  |
|--|--|
| Oblik: Ekvatorski polumjer . . .   | a = 6378 3880 km   |
| Polarni polumjer . . .   | b = 6356 9120 km   |
| Sploštenost $c = \frac{a-b}{a}$ . . .  | $c = \frac{1}{297 0}$                                    |
| Logaritam polumjera . . .  | $\log \frac{r}{a} =$                                     |
|  | = 9 999 2695 + 0 000 7324 cos 2 φ — 0 000 0019 · cos 4 φ |
| Redukcija geografske na geocentričnu širinu . . .                              |  |
|  | φ' — φ = — 11 35 66 sin 2 φ + 1 17 17 sin 4 φ            |
| Duljina luka 1° geografske širine . . .  | 111 136 — 0 562 cos 2 φ km                               |
| Duljina luka 1° geografske duljine . . .                                       | 111 417 cos — 0 094 cos 3 φ km                           |
| Veličina i masa:   |  |
| Ekvatorski opseg Zemlje . . .  | 40 076 594 km  |
| Četvrtina duljine meridijana . . .   | 10 002 288 km  |
| Površina Zemlje . . .  | 510 101 000 km <sup>2</sup>                              |
| Obujam Zemlje . . .  | 1083 320 000 000 km <sup>3</sup>                         |
| Polumjer kugle iste površine i obujma kao Zemlja . . .                         | 6371 2 km  |
| Masa Zemlje . . .  | 5 98 10 <sup>27</sup> g                                  |
| Srednja gustoća prema vodi . . .   | 5 517  |
| Akceleracija sile teže na razini mora g = 978 0490 + 5 1723 sin <sup>2</sup> φ |  |
| Duljina sekundnog njihala na moru (vakuum) . . .                               | 1 = 0 990 97 + 0 005 25 sin <sup>2</sup> φ               |

# Gibanje Zemlje:

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| Srednja udaljenost od Sunca . . . . .              | 149 504 217 km              |
| Srednja godišnja brzina . . . . .                  | 29 763 km sec <sup>-1</sup> |
| Brzina točke na ekvatoru kod rotacije . . . . .    | 465 m sec <sup>-1</sup>     |
| Brzina Zagreba kod rotacije . . . . .              | 324 m sec <sup>-1</sup>     |
| Put Zemlje na stazi oko Sunca u 1 minuti . . . . . | 1786 km                     |
| Put Zemlje na stazi oko Sunca u 1 satu . . . . .   | 107 150 km                  |
| Put Zemlje na stazi oko Sunca u 1 danu . . . . .   | 2 572 000 km                |
| Put Zemlje na stazi oko Sunca u 1 godini . . . . . | 930 250 000 km              |
| Najveća dužina Zemljine sjene . . . . .            | 220 563 a = 1406 836 km     |
| Najmanja dužina Zemljine sjene . . . . .           | 213 302 a = 1360 521 km     |

## 4. Astronomski podaci o Mjesecu

|  |                           |
|--|---------------------------|
| Prividni promjer: najmanji . . . . .                         | 29' 28"                   |
| srednji . . . . .  | 31' 7" 20                 |
| najveći . . . . .  | 33' 21"                   |
| Pravi promjer: u linearnoj mjeri . . . . .                   | 3473'2 km                 |
| u Zemljinim promjerima . . . . .                             | 0'272274                  |
| Površina: u Zemljinim površinama . . . . .                   | 0'07429 = 1/13'46         |
| Obujam: u Zemljinim obujmovima . . . . .                     | 0'02025 = 1/49'38         |
| Masa: u Zemljinim masama . . . . .                           | 0'01227 = 1/81'53         |
| Srednja gustoća: prema vodi . . . . .                        | 3'33                      |
| prema gustoći Zemlje . . . . .                               | 0'606                     |
| Teža na ekvatoru: prema teži na ekvatoru Zemlje . . . . .    | 0'166 = 1/6'02            |
| Akceleracija prostog pada . . . . .                          | 1'6 m sec <sup>-2</sup>   |
| Siderično ophodno vrijeme perigeja Mjesečeva . . . . .       | 3232'd6                   |
| Siderično ophodno vrijeme čvorova Mjesečevih . . . . .       | 6793'd5                   |
| Priklon ekvatora prema ekliptici . . . . .                   | 1° 32' 06"                |
| Vrijeme, koje svjetlost treba da stigne sa Mjeseca . . . . . | 1'25                      |
| Horizontalna ekvatorska paralaksa Mjeseca . . . . .          | 57' 2" 70                 |
| Libracija: u širini . . . . .                                | 6° 50'                    |
| u duljini . . . . .  | 7° 54'                    |
| Nevidljiva površina . . . . .                                | 0'410                     |
| Prividna veličina punog Mjeseca . . . . .                    | — 12'm6                   |
| Sferni albedo . . . . .                                      | 0'07                      |
| Srednja brzina gibanja oko Zemlje . . . . .                  | 1'02 km sec <sup>-1</sup> |
| Dnevno kutno gibanje (srednje) . . . . .                     | 13° 10' 35" 06            |
| Najveća duljina Mjesečeve sjene . . . . .                    | 59'808 a = 381 482 km     |
| Najmanja duljina Mjesečeve sjene . . . . .                   | 57'527 a = 366 926 km     |

# GLAVNI ROJEVI METEORA

| Ime roja    | Doba godine | Radijant           |                  |                    | Veza sa kometom |
|-------------|-------------|--------------------|------------------|--------------------|-----------------|
|             |             | Rektas-<br>cenzija | Dekli-<br>nacija | Bliska<br>zvijezda |                 |
| Bootidi     | 2—3 jan.    | h m<br>15 20       | + 53             | β Boot             | —               |
| Liridi      | 15—25 apr.  | 18 20              | + 35             | * Lyra             | 1861 I          |
| Akvaridi    | 25—30 jul.  | 22 35              | — 11             | δ Aqr              | —               |
| Perseidi    | 5—15 aug.   | 3 00               | + 56             | η Pers             | 1862 III        |
| Drakonidi   | 8—12 okt.   | 17 45              | + 53             | γ Dra              | Macobini-Zinner |
| Orionidi    | 15—25 okt.  | 6 5                | + 15             | ν Ori              | —               |
| Leonidi     | 10—18 nov.  | 10 00              | + 23             | ζ Leon             | Tempel I        |
| Andromedidi | 15—25 nov.  | 1 40               | + 43             | γ Andr             | Biela           |
| Geminidi    | 5—15 dec.   | 7 20               | + 33             | ε Gem              | —               |



ELEMENTI STAZA PERIODIČKIH KOMETA

| Red. br. | IME KOMETA              | Siderična<br>revolu-<br>cija<br>u god.<br>$T$ | Ekscen-<br>tricitet<br>$e$ | Perihelion<br>prema<br>ekvatoru<br>$i$ | Duljina<br>uzlaznog<br>čvora<br>$\Omega$ | Duljina<br>perihela<br>$\pi$ | Ekvinok-<br>cij<br>(epoha) | Duljina<br>u astr. jed. |       | Godina<br>otkrivenja |
|----------|-------------------------|---|----------------------------|--|--|------------------------------|----------------------------|-------------------------|-------|----------------------|
|          |                         |   |                            |  |  |                              |                            | Perihel                 | Afel  |                      |
| 1        | Encke                   | 5.2880  | 0.850                      | 12.547                                 | 334.691                                  | 18.048                       | 1037.0                     | 0.332                   | 4.086 | 1780                 |
| 2        | Grigg-Skjellerup        | 5.0372  | 0.691                      | 17.466                                 | 215.669                                  | 335.205                      | 1037.0                     | 0.903                   | 4.969 | 1902                 |
| 3        | Tempel II               | 5.1074  | 0.569                      | 12.770                                 | 120.352                                  | 180.539                      | 1938.0                     | 1.318                   | 4.800 | 1873                 |
| 4        | Neujmin II              | 5.4295  | 0.597                      | 10.429                                 | 327.653                                  | 103.721                      | 1030.0                     | 1.938                   | 4.840 | 1916                 |
| 5        | Brorson I               | 5.4680  | 0.810                      | 20.386                                 | 101.317                                  | 14.918                       | 1880.0                     | 0.500                   | 5.014 | 1840                 |
| 6        | Tempel III              | 5.0807  | 0.633                      | 5.443                                  | 290.311                                  | 113.088                      | 1010.0                     | 1.153                   | 5.214 | 1809                 |
| 7        | De Vico-E. Swift        | 5.8551  | 0.572                      | 2.966                                  | 48.806                                   | 296.580                      | 1900.0                     | 1.392                   | 5.105 | 1878                 |
| 8        | Tempel I                | 5.0822  | 0.403                      | 0.768                                  | 78.766                                   | 130.433                      | 1876.0                     | 1.771                   | 4.820 | 1867                 |
| 9        | Pons-Wincke             | 6.6807  | 0.670                      | 20.140                                 | 94.800                                   | 169.357                      | 1950.0                     | 1.102                   | 5.568 | 1819                 |
| 10       | Schwassmann-Wachmann II | 6.4354  | 0.805                      | 8.766                                  | 126.690                                  | 357.992                      | 1031.0                     | 2.005                   | 4.895 | 1929                 |
| 11       | Porrisio I              | 6.4543  | 0.862                      | 15.076                                 | 242.204                                  | 146.861                      | 1900.0                     | 1.173                   | 5.701 | 1896                 |
| 12       | Kopff                   | 6.5559  | 0.519                      | 8.766                                  | 243.000                                  | 19.815                       | 1939.0                     | 1.485                   | 5.321 | 1906                 |
| 13       | Giacobini-Zinner        | 6.6920  | 0.716                      | 30.693                                 | 185.076                                  | 171.808                      | 1933.0                     | 1.009                   | 6.049 | 1900                 |
| 14       | Biela (1)               | 6.9208  | 0.760                      | 12.355                                 | 245.857                                  | 223.231                      | 1852.0                     | 0.861                   | 6.191 | 1772                 |
| 15       | Biela (2)               | 6.6137  | 0.760                      | 12.555                                 | 245.858                                  | 223.231                      | 1852.0                     | 0.861                   | 6.190 | 1816                 |

| Red. br. | IME KOMETA             | Siderična<br>revolu-<br>cija<br>u god.<br>$T$ | Ekscen-<br>tricitet<br>$e$ | Perihelion<br>prema<br>ekvatoru<br>$i$ | Duljina<br>uzlaznog<br>čvora<br>$\Omega$ | Duljina<br>perihela<br>$\pi$ | Ekvinok-<br>cij<br>(epoha) | Duljina<br>u astr. jed. |        | Godina<br>otkrivenja |
|----------|------------------------|---|----------------------------|--|--|------------------------------|----------------------------|-------------------------|--------|----------------------|
|          |                        |   |                            |  |  |                              |                            | Perihel                 | Afel   |                      |
| 16       | D'Arrest               | 6.0318  | 0.616                      | 18.065                                 | 143.638                                  | 174.625                      | 1925.0                     | 1.356                   | 5.708  | 1851                 |
| 17       | Daniel                 | 6.8245  | 0.573                      | 10.325                                 | 79.311                                   | 6.611                        | 1037.0                     | 1.536                   | 5.650  | 1909                 |
| 18       | Pulay                  | 6.8510  | 0.700                      | 3.433                                  | 45.300                                   | 320.580                      | 1926.0                     | 1.050                   | 6.150  | 1886                 |
| 19       | Holmes                 | 6.8571  | 0.412                      | 20.815                                 | 331.761                                  | 14.231                       | 1906.0                     | 2.122                   | 5.097  | 1892                 |
| 20       | Borrelly               | 6.8748  | 0.617                      | 30.530                                 | 77.002                                   | 352.553                      | 1932.0                     | 1.385                   | 5.846  | 1965                 |
| 21       | Brooks II              | 6.9488  | 0.486                      | 5.546                                  | 177.711                                  | 195.064                      | 1950.0                     | 1.372                   | 5.409  | 1880                 |
| 22       | Reinmuth               | 7.2402  | 0.504                      | 8.007                                  | 124.055                                  | 8.779                        | 1930.0                     | 1.838                   | 5.627  | 1928                 |
| 23       | Paye                   | 7.3213  | 0.571                      | 10.602                                 | 206.235                                  | 199.862                      | 1933.0                     | 1.617                   | 5.924  | 1843                 |
| 24       | Schaumasse             | 7.9545  | 0.700                      | 14.719                                 | 90.004                                   | 45.065                       | 1927.0                     | 1.173                   | 6.768  | 1911                 |
| 25       | Wolf I                 | 8.3200  | 0.404                      | 27.264                                 | 204.185                                  | 160.815                      | 1931.0                     | 2.450                   | 5.768  | 1884                 |
| 26       | Gomas Sola             | 8.5307  | 0.575                      | 13.722                                 | 65.703                                   | 38.786                       | 1950.0                     | 1.777                   | 6.570  | 1927                 |
| 27       | Gale                   | 10.0259                                       | 0.701                      | 11.725                                 | 67.256                                   | 200.113                      | 1950.0                     | 1.183                   | 8.705  | 1927                 |
| 28       | Tuttle I               | 13.0960                                       | 0.321                      | 54.054                                 | 269.843                                  | 200.061                      | 1950.0                     | 1.022                   | 10.376 | 1700                 |
| 29       | Schwassmann-Wachmann I | 16.4614                                       | 0.149                      | 9.425                                  | 323.752                                  | 350.949                      | 1950.0                     | 6.365                   | 7.437  | 1927                 |
| 30       | Neujmin                | 17.0371                                       | 0.775                      | 15.148                                 | 317.367                                  | 346.964                      | 1931.0                     | 1.528                   | 12.049 | 1913                 |
| 31       | Orommelin              | 27.9063                                       | 0.919                      | 35.897                                 | 250.080                                  | 195.575                      | 1928.0                     | 0.715                   | 17.053 | 1818                 |
| 32       | Tempel IV              | 33.1758                                       | 0.705                      | 102.069                                | 221.434                                  | 170.766                      | 1906.0                     | 0.977                   | 10.670 | 1900                 |
| 33       | Wesphal                | 61.7303                                       | 0.820                      | 40.888                                 | 346.700                                  | 57.063                       | 1913.0                     | 1.254                   | 20.935 | 1862                 |
| 34       | Broesen II-Metcalf     | 69.0604                                       | 0.971                      | 19.183                                 | 310.831                                  | 129.516                      | 1925.0                     | 0.485                   | 33.180 | 1847                 |
| 35       | Pons-Brooks            | 71.5639                                       | 0.955                      | 74.043                                 | 254.065                                  | 199.193                      | 1880.0                     | 0.776                   | 33.693 | 1812                 |
| 36       | Olbers                 | 73.6516                                       | 0.931                      | 44.571                                 | 64.539                                   | 65.386                       | 1800.0                     | 1.109                   | 33.624 | 1815                 |
| 37       | Halley                 | 76.0258                                       | 0.967                      | 102.212                                | 57.270                                   | 111.704                      | 1910.0                     | 0.587                   | 35.363 | — 467                |

## UPOTREBA EFEMERIDA

Osnovni meridijan u efemeridama je meridijan Greenwicha. Vrijeme, ako nije izrijekom drukčije spomenuto, jest svjetsko vrijeme, t. j. srednje Sunčevo vrijeme meridijana Greenwicha. Brojenje sati i datiranje ide od 0h do 24h, gdje je 0h = srednja ponoć (u Greenwichu), 12h = srednje podne (u Greenwichu).

### NA LIJEVOJ (PARNOJ) STRANI U SVAKOM MJESECU

Na tim stranama dane su efemeride Sunca, sa slijedećim podacima:

1. Datum u mjesecu naveden je u prvom stupcu.

2. U drugom i trećem stupcu nalaze se rektascenzija i deklinacija Sunca u 0h svjetskog vremena, t. j. ekvatorske koordinate središta pravoga Sunca, kako bi se vidjelo iz središta Zemlje (geocentričke koordinate); one su prividne i mjerene od prave proljetne točke dotičnoga časa, dakle onakove, kakove ih daju opažanja. Rektascenzija i deklinacija za koji drugi čas svjetskog vremena ili koji drugi meridijan dobivaju se interpolacijom iz navedenih podataka.

Primjeri: 1) Neka se nađe prividna rektascenzija središta Sunca dne 16. juna 1951. u 14h 27m 35s0 = 14h45972 srednjeg vremena zagrebačkog ( $\lambda = 1^h06556$ ).

U Greenwichu je u istom času 14h45972 — 1h06556 = 13h39416 sr. vr. i za taj čas treba naći rektascenziju Sunca.

Imamo: 16. VI. 1951. u 0h svj. vr. rekt. Sunca = 5h 34m 07s0

17. VI. 1951. u 0h svj. vr. rekt. Sunca = 5h 38m 16s3  
4m 09s3

Za 24h sr. vr. naraste dakle rektascenzija Sunca za 4m 09s3, a za 13h39416 naraste za (4m 09s3 : 24)  $\times$  13h39416 = 2m 19s1.

Dodavši (jer rektascenzija raste) taj iznos rektascenziji od 16. VI. u 0h, dobije se tražena rektascenzija: 5h 36m 26s1.

2) Neka se nađe prividna deklinacija središta Sunca dne 22. februara 1951. u 9h 0m 0s sr. vr. u mjestu geografske duljine  $\lambda = +7^h30^m = +7^h5$ .

U Greenwichu je u istom času 9h0 + 7h5 = 16h5 sr. vr. i za taj čas treba naći deklinaciju Sunca.

22. II. 1951. u 0h svj. vr. je deklinacija Sunca =  $-10^{\circ}34'07''$

23. II. 1951. u 0h svj. vr. je deklinacija Sunca =  $-10^{\circ}12'20''$

21'47"

Za 24h naraste dakle deklinacija Sunca za 21'47", a za 16h5 naraste za (21'47" : 24)  $\times$  16h5 = 14'59".

Dodavši (jer ovdje deklinacija raste) taj iznos deklinaciji od 22. II. u 0h, dobije se tražena deklinacija:  $-10^{\circ}19'08''$ .

3. U četvrtom stupcu dana je duljina Sunca u greenwichku ponoć, t. j. jedna od ekliptičkih koordinata središta pravoga Sunca; računata je bez aberacije, te mjerena od srednje proljetne točke u času 1951'0. Druga ekliptička koordinata, prividna širina Sunca, uvijek je malena i doseže jedva + ili  $-1''$ . Duljina u drugom kojem času ili u drugom meridijanu nalazi se interpolacijom slično kao u točki 2.

4. U petom stupcu navedeno je zvjezdano vrijeme u 0h svjetskog vremena. Ta veličina treba kod pretvaranja zvjezdanog vremena u srednje vrijeme i obrnuto. Kod toga pretvaranja služimo se tablicama iz V. dijela.

Primjeri: 1) Koliko je srednje mjesno vrijeme dne 10. X. 1951. u 6h 45m 04s4 zvjezdanog vremena u Zagrebu (geografska duljina  $\lambda = -1^h03^m56^s0$ )?

|   | h  | m  | s                 |
|---|----|----|-------------------|
| 10. X. 1951. zvjezdano vrijeme u Zagrebu . . . . .  | 6  | 45 | 04.4              |
| Prijelaz na meridijan Greenwicha . . . . .          | -1 | 03 | 56.0              |
| Zvjezdano vrijeme u Greenwichu u tom času . . . . . | 5  | 41 | 08.4              |
| Zvjezdano vrijeme u Greenwichu pr. ponoći . . . . . | 1  | 11 | 09.8 (efemeride!) |
| Zvjezdano vrijeme proteklo od ponoći . . . . .      | 4  | 29 | 58.6              |
| Ekvivalentno srednje vrijeme u Greenwichu . . . . . | 4  | 29 | 14.4 (tablice!)   |
| Prijelaz na meridijan Zagreba . . . . .             | +1 | 03 | 56.6 dne          |
| Traženo srednje vrijeme u Zagrebu . . . . .         | 5  | 33 | 10.4 10. X. 1951. |

2) Koliko je zvjezdano vrijeme u Zagrebu dne 10. X. 1951. u 5h 33m 10s4 srednjeg (mjesnog) vremena u Zagrebu (geografska duljina  $\lambda = -1^h03^m56^s0$ )?

|  | h  | m  | s                 |
|--|----|----|-------------------|
| 10. X. 1951. srednje vrijeme u Zagrebu . . . . .       | 5  | 33 | 10.4              |
| Prijelaz na meridijan Greenwicha . . . . .             | -1 | 03 | 56.0              |
| Srednje vrijeme u Greenwichu u tom času . . . . .      | 4  | 29 | 14.4              |
| Ekvivalent. zvjezdano vrijeme u Greenwichu . . . . .   | 4  | 29 | 58.6              |
| Zvjezdano vrijeme u Greenwichu prošle ponoći . . . . . | 1  | 11 | 09.8              |
| Zvjezdano vrijeme u Greenwichu u zadani čas . . . . .  | 5  | 41 | 08.4              |
| Prijelaz na meridijan Zagreb . . . . .                 | +1 | 03 | 56.0 dne          |
| Traženo zvjezdano vrijeme u Zagrebu . . . . .          | 6  | 45 | 04.4 10. X. 1951. |

5. U šestom stupcu dolazi jednadžba vremena, koja pokazuje, koliko je minuta i sekunda pravoga vremena u srednju ponoć Greenwicha (0h svjetskog vremena). Na pr. 16. januara, kad je jednadžba vremena u 0h svj. vr.  $-9^m27^s9$ , bit će prava ponoć u Greenwichu 9m27s9 poslije srednje ponoći, t. j. pravo će Sunce proći ispod horizonta meridijanom Greenwicha poslije srednjeg Sunca. Ili 15. septembra, kad je jednadžba vremena u 0h svj. vr.  $+3^m23^s0$ , bila je prava ponoć u Greenwichu 3m23s0 prije srednje ponoći, t. j. pravo je Sunce prošlo ispod horizonta meridijanom Greenwicha prije srednjeg Sunca.

Jednadžba vremena neovisna je o mjestu opažanja.

Pri upotrebi jednadžbe vremena treba paziti na to, da je ona u našim efemeridama definirana kao razlika: pravo minus srednje vrijeme. Tako se danas ponajviše radi, dok je prije bilo upravo obratno, što mijenja predznak jednadžbi vremena.



Budući da se jednakžba vremena neprekidno mijenja sa vremenom, valjaće za svaki čas različan od srednje ponoći u Greenwichu i za svaki meridijan različan od meridijana Greenwicha naći vrijednost jednakžbe vremena interpolacijom na temelju vrijednosti za 0<sup>h</sup> svjetskog vremena.

Primjeri: 1) Koliko je pravo vrijeme u Zagrebu (geografska duljina  $\lambda = -1^h 03^m 56^s 0$ ) 16. I. 1951. u 17<sup>h</sup> 23<sup>m</sup> 46<sup>s</sup> 0 srednjeg vremena?

17<sup>h</sup> 23<sup>m</sup> 46<sup>s</sup> 0 sr. vr. u Zagrebu je = 17<sup>h</sup> 39<sup>m</sup> 11<sup>s</sup> — 1<sup>h</sup> 06<sup>m</sup> 55<sup>s</sup> 6 = 16<sup>h</sup> 33<sup>m</sup> 05<sup>s</sup> 5 sr. vr. Greenwicha u tom času, za koji treba naći jednakžbu vremena na dan 16. I. 1951.:

|   | h   | m  | s    |
|---|-----|----|------|
| Jednakžba vremena 16. I. 1951. u 0 <sup>h</sup> svj. vr. . . . .                    | — 0 | 9  | 27.9 |
| Jednakžba vremena 17. I. 1951. u 0 <sup>h</sup> svj. vr. . . . .                    | — 0 | 9  | 48.7 |
| Prirast za 24 <sup>h</sup> sr. vr. . . . .  | —   |    | 20.8 |
| Prirast za 16 <sup>h</sup> 33 sr. vr. . . . .                                       | —   |    | 14.2 |
| Jednakžba vr. u traženi čas: — 9 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> 9 — 14 <sup>s</sup> 2 | —   | 9  | 42.1 |
| Srednje vrijeme u traženi čas . . . . .   | 17  | 23 | 46.0 |
| Traženo pravo vrijeme . . . . .   | 17  | 14 | 03.9 |

2) Iz opažanja pravog Sunca nađeno je 15. IX. 1951. u mjestu geografske duljine  $\lambda = +2^h 0^m 0^s 0$  pravo mjesno vrijeme 6<sup>h</sup> 22<sup>m</sup> 14<sup>s</sup> 0. Koliko je u tom času srednje mjesno vrijeme?

U tom času (6<sup>h</sup> 37<sup>m</sup> 05<sup>s</sup> 6) je u Greenwichu 6<sup>h</sup> 37<sup>m</sup> 05<sup>s</sup> 6 + 2<sup>h</sup> 0 = 8<sup>h</sup> 37<sup>m</sup> 05<sup>s</sup> 6 pravog vremena 15. IX. 1951., za koji čas treba naći jednakžbu vremena.

|  |     |    |      |
|--|-----|----|------|
| Jednakžba vremena u 0 <sup>h</sup> svj. vr. 15. IX. 1951. . . . .                    | + 0 | 4  | 23.0 |
| Jednakžba vremena u 0 <sup>h</sup> svj. vr. 16. IX. 1951. . . . .                    | + 0 | 4  | 44.4 |
| Prirast za 24 <sup>h</sup> sr. vr. . . . .   | +   |    | 21.4 |
| Prirast za 8 <sup>h</sup> 37 . . . . .   | +   |    | 7.5  |
| Jednakžba vremena u traženi čas: 4 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> 0 + 7 <sup>s</sup> 5 | +   | 4  | 30.5 |
| Pravo vrijeme u traženi čas . . . . .  | 6   | 22 | 14.0 |
| Traženo srednje mjesno vrijeme . . . . .   | 6   | 17 | 43.5 |

U ovom slučaju mora se od zadanog pravog vremena oduzeti jednakžba vremena u traženi čas, jer je po definiciji: »jednakžba vremena = pravo vrijeme — srednje vrijeme«.

Napomena: Zapravo bismo u ovom primjeru morali uzimati jednakžbu vremena ne u srednju ponoć (0<sup>h</sup> svj. vr.), nego u pravu ponoć. No ta je razlika vrlo malena: tokom onih 4<sup>m</sup> 23<sup>s</sup> 0 = 0<sup>d</sup> 003 promjena jednakžbe vremena je 21.4 × 0.003 = 0<sup>s</sup> 064; za taj iznos se mijenja naš rezultat. Najveća vrijednost te korekcije iznosi oko 0<sup>s</sup> 2, te se ponajčešće može zanemariti.

6. U sedmom i osmom stupcu nalaze se časovi izlaza i zalaza Sunca u Zagrebu u srednje-evropskom vremenu. To su ujedno (na minutu točno) i mjesna vremena izlaza i zalaza Sunca u svim mjestima sa geografskom širinom blizu 46° sjeverne širine. Ali ako hoćemo imati ta vremena izražena u srednjeevropskom vremenu, treba ta mjesna vremena korigirati za razliku geografskih duljina tog mjesta prema zagrebačkom meridijanu. Ta se razlika, izražena u vremenu, lako dobije prema popisu geografskih koordinata na kraju ovih efemerida.

Primjer: U koliko sati izlazi u Bjelovaru Sunce dne 29. XI. 1951.? Geografska širina Bjelovara je  $\varphi = 45^{\circ} 53' 56'' \approx 45^{\circ} 48' 58''$ , što je širina

Zagreba (okruglo 46°). Razlika srednje-evropskog i mjesnog vremena u Bjelovaru je — 7<sup>m</sup> 23<sup>s</sup> 2, u Zagrebu — 3<sup>m</sup> 56<sup>s</sup> 0; dakle je Bjelovar za 3<sup>m</sup> 27<sup>s</sup> 2 istočnije od Zagreba, i za toliko ranije u njemu Sunce izlazi: 7<sup>h</sup> 14<sup>m</sup> — 3<sup>m</sup> 45<sup>s</sup>  $\approx$  7<sup>h</sup> 11<sup>m</sup>.

Za mjesta sa geografskom širinom različnom od 46° mijenjaju se mjesna vremena izlaza i zalaza Sunca, no u krajnjem slučaju na sjevernoj granici naše države do 8<sup>m</sup>, na južnoj do 13<sup>m</sup>. Točniji račun za ma koje mjesto može se izvesti na temelju opsežnijih tablica, koje se nalaze u većim astronomskim godišnjacima.

Ispod crte nalaze se (za svakih 10 dana u mjesecu):

- Horizontalna ekvatorska paralaksa Sunca u 0<sup>h</sup> svj. vr.
- Duljina Sunca od Zemlje u 0<sup>h</sup> svj. vr., ili radijvektor središta Sunca, izražen u astronomskim jedinicama (= 149 500 000 km).
- Prividni polumjer Sunca u 0<sup>h</sup> svj. vr., pomoću kojeg se opažanja ruba Sunca svode na središte Sunca.
- Precesija u duljini u 0<sup>h</sup> svj. vr., t. j. broj sekunda, koje treba dodati duljini točke na ekliptici mjerenoj od srednje proljetne točke u kojem god drugom času godine.
- Nutacija u duljini u 0<sup>h</sup> svj. vr., t. j. broj sekunda, koje treba dodati algebarski duljinama mjerenim od srednje proljetne točke u izvjesnom času, da se dobiju duljine mjerene od prave proljetne točke u tom času.
- Aberacija Sunca u 0<sup>h</sup> svj. vremena, t. j. broj sekunda, koje treba dodati prividnoj duljini Sunca, da se dobije prava duljina Sunca.

Primjer: Neka se nađe prividna duljina Sunca, mjerena od prave proljetne točke u 0<sup>h</sup> svj. vr. dne 11. IV. 1951., ako duljina Sunca u tom času, mjerena od srednje proljetne točke za 1951<sup>0</sup> iznosi 20° 17' 25".8.

|  |    |    |      |
|--|----|----|------|
| Zadana duljina Sunca . . . . .           | 20 | 17 | 25.8 |
| precesija . . . . .                      | +  |    | 13.7 |
| nutacija . . . . .                       | +  |    | 3.0  |
| aberracija . . . . .                     | —  |    | 20.4 |
| Tražena prividna duljina Sunca . . . . . | 20 | 17 | 22.1 |

## NA DESNOJ (NEPARNOJ) STRANI U SVAKOM MJESECU

Na tim stranama dani su efemeride Mjeseca i velikih planeta:

- Datum u mjesecu, u prvom stupcu.
- U drugom i trećem stupcu navedeni su časovi izlaza i zalaza Mjeseca u Zagrebu u srednje-evropskom vremenu. Prijelaz na mjesta druge geografske širine i duljine je mnogo zamršeniji nego kod Sunca, te su za nj potrebne opsežnije tablice, koje se nalaze u većim astronomskim godišnjacima. Ipak u granicama Jugoslavije razlika u vremenima izlaza i zalaza Mjeseca prema Zagrebu ne premašuje četvrt sata, a s obzirom na neravni horizont u većini mjesta to je za prvu, grubu orijentaciju dovoljna točnost.

3. U četvrtom stupcu navedeno je svjetsko vrijeme u času gornje kulminacije središta Mjesečeve ploče. Horizontalni potez u pojedini dan na pr. (22. IV. 1951.) naznačuje dan, u koji Mjesec ne prolazi meridijanom Greenwicha u gornjoj kulminaciji; to se događa zato, što je Mjesečev dan dulji od srednjeg Sunčeva dana za nek h 50m. Vrijeme kulminacije Mjeseca važno je kod određivanja plime i oseke.

4. U petom stupcu je promjena za 1<sup>h</sup> duljine vremena kulminacije Mjeseca u drugim meridijanima. Da se nađe vrijeme gornje kulminacije u mjestu geografske duljine  $\lambda$ , izražene u satima i decimalnim dijelovima sata, pomnoži se  $\lambda$  sa tom promjenom za 1<sup>h</sup> duljine i produkt se oduzme od vremena gornje kulminacije u Greenwichu, ako je duljina istočna od Greenwicha, a pribroji ako je zapadna.

Primjer: Neka se nađe vrijeme gornje kulminacije središta Mjesečeve ploče u Zagrebu ( $\lambda = -1^h066$ ) dne 15. III. 1951.

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| 15. III. 1951. kulminacija u Greenwichu . . . . .                               | 18 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 1 |
| Promjene za 1 <sup>h</sup> zapadne duljine . . . . .                            | 2 <sup>m</sup> 16                 |
| Korekcija za Zagreb: 2 <sup>m</sup> 16 $\times$ (-1 <sup>h</sup> 066) . . . . . | — 2 <sup>m</sup> 3                |
| 15. III. 1951. kulminacija u Zagrebu . . . . .                                  | 18 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup> 8  |

5. Šesti stupac sadrži starost Mjeseca u 0<sup>h</sup> svj. vr. t. j. vrijeme proteklo od mlađa, izraženo u danima i decimalnim dijelovima dana.

6. Preostali stupci donose za svakih 10 dana u mjesecu efemeride velikih planeta, i to: geocentričke koordinate, daljinu od Zemlje u astronomskim jedinicama, prividni polumjer planeta gledan sa Zemlje, te vrijeme kulminacije planeta u Greenwichu po srednjem vremenu. Pomoću ovog posljednjeg podatka i tablice poludnevničkih lukova (str. 127) u V. dijelu mogu se naći približna vremena izlaza i zalaza planeta za ma koje mjesto i doba godine.

Ispod crte nalaze se slijedeći podaci:

a) Mijene Mjeseca u srednje-evropskom vremenu,

b) Čas, kad je Mjesec u perigeju i apogeju, te u tom času horizontalna paralaksa i prividni polumjer.

Na kraju efemerida navedeni su za svaki treći dan u godini elementi za fizička opažanja Sunca, Carringtonove rotacije Sunca, te prividni priklon ekliptike prema ekvatoru u 0<sup>h</sup> svjetskog vremena za svaki prvi dan u mjesecu. U efemeridama elemenata za fizička opažanja Sunca znače: P = kut priklona rotacione osi Sunca, računat od sjeverne točke Sunčeve ploče prema istoku; B = heliografska širina centra ploče, L<sub>0</sub> = heliografska duljina centra ploče. Heliografske duljine računaju se od onog meridijana Sunca kao početnog, koji je prošao uzlaznim čvorom Sunčeva ekvatora na ekliptici u srednje greenwichko podne 1. januara 1854. — Carringtonove rotacije započele su 9. novembra 1853. Ovi su podaci potrebni pri opažanju Sunčevih pjega.

Ovaj se dio završava podacima o pomrcinama Sunca i Mjeseca, o pojavama kod četiriju velikih Jupiterovih satelita i njihovim položajima, te kartama zvjezdanoga neba za svaki mjesec sa osobitim pojavama u Sunčevu sustavu. Karte vrijede za dončni mjesec 1. u 21 sat. ili 15. u 20 sat. ili 30. u 19 s.

## IV. ZVIJEZDE



# POPIS ZVIJEŽDA

(\* označuje zviježde na južnoj hemisferi neba)

| Red.<br>br. | Ime zviježda     |                 | Pokratak   |            |
|-------------|------------------|-----------------|------------|------------|
|             | latinsko         | hrvatsko        | sa 3 slova | sa 1 slova |
| 1           | Andromeda        | Andromeda       | And        | Andr       |
| *2          | Antlia           | Sisaljka        | Ant        | Anti       |
| *3          | Apus             | Rajska ptica    | Aps        | Apus       |
| 4           | Aquarius         | Vodnjak         | Aqr        | Aqar       |
| 5           | Aquila           | Orao            | Aql        | Aqil       |
| *6          | Ara              | Oltar           | Ara        | Arae       |
| 7           | Arctus           | Ovan            | Arct       | Arct       |
| 8           | Auriga           | Kočijaš         | Aur        | Auri       |
| 9           | Bootes           | Volar           | Boo        | Boot       |
| *10         | Caelum           | Motika          | Cae        | Cael       |
| 11          | Camelopardalis   | Žirafa          | Cam        | Cami       |
| 12          | Cancer           | Rak             | Cnc        | Canc       |
| 13          | Canes Venatici   | Lovački psi     | CVn        | CVen       |
| *14         | Canis Major      | Veliki pas      | CMa        | CMaj       |
| 15          | Canis Minor      | Mali pas        | CMi        | CMin       |
| *16         | Capricornus      | Jarac           | Cap        | Capr       |
| *17         | Carina           | Trup (broda)    | Car        | Carf       |
| 18          | Cassiopeia       | Kasiopeja       | Cas        | Cass       |
| *19         | Centaurus        | Kentaur         | Cen        | Cent       |
| 20          | Cepheus          | Očej            | Cep        | Ceph       |
| 21          | Cetus            | Kit             | Cet        | Ceti       |
| *22         | Chameleon        | Kameleon        | Cha        | Cham       |
| *23         | Circinus         | Šestar          | Cir        | Circ       |
| *24         | Columba          | Golub           | Col        | Colm       |
| 25          | Coma Berenices   | Kosa Berenikina | Com        | Coma       |
| *26         | Corona Australis | Južna Kruna     | CrA        | CorA       |
| 27          | Corona Borealis  | Sjeverna Kruna  | CrB        | CorB       |
| *28         | Corvus           | Gavran          | Crv        | Corv       |
| *29         | Crater           | Vrč             | Crt        | Crat       |
| *30         | Crux             | Križ (južni)    | Crux       | Cruc       |
| 31          | Cygnus           | Labud           | Cyg        | Cygn       |
| 32          | Delphinus        | Dupin           | Del        | Dlph       |
| *33         | Dorado           | Zlatna riba     | Dor        | Drac       |
| 34          | Draco            | Zmaj            | Dra        | Drac       |
| 35          | Equuleus         | Ždrijebe        | Equ        | Equf       |
| 36          | Eridanus         | Eridan (rijeka) | Eri        | Erid       |
| *37         | Fornax           | Kemijska peć    | For        | Forn       |
| 38          | Gemini           | Blizanci        | Gem        | Gemi       |
| *39         | Gras             | Ždral           | Gru        | Grus       |
| 40          | Hercules         | Herkul          | Her        | Herc       |
| *41         | Horologium       | Ura njihalica   | Hor        | Horo       |
| 42          | Hydra            | Hidra (ženska)  | Hya        | Hyda       |
| *43         | Hydrus           | Hidra (muška)   | Hyi        | Hydi       |
| *44         | Indus            | Indijska ptica  | Ind        | Indi       |

# POPIS ZVIJEŽDA

| Red.<br>br. | Ime zviježda        |                | Pokratak   |            |
|-------------|---------------------|----------------|------------|------------|
|             | latinsko            | hrvatsko       | sa 3 slova | sa 4 slova |
| 45          | Lacerta             | Gušterica      | Lac        | Lacr       |
| 46          | Leo                 | Lav            | Leo        | Leon       |
| 47          | Leo Minor           | Mali lav       | LMi        | LMin       |
| *48         | Lepus               | Zec            | Lep        | Leps       |
| *49         | Libra               | Vaga           | Lib        | Libr       |
| *50         | Lupus               | Vuk            | Lup        | Lupi       |
| 51          | Lynx                | Ris            | Lyn        | Lync       |
| 52          | Lyra                | Lira           | Lyr        | Lyra       |
| *53         | Mensa               | Stol (brijeg)  | Men        | Mena       |
| *54         | Microscopium        | Mikroskop      | Mic        | Mter       |
| 55          | Monoceros           | Jednorog       | Mon        | Monoc      |
| *56         | Musca               | Muha           | Mus        | Musc       |
| *57         | Norma               | Mjerilo        | Nor        | Norm       |
| *58         | Ocellus             | Oktant         | Ocl        | Ocln       |
| 59          | Ophiuchus           | Zmijonosac     | Oph        | Ophi       |
| 60          | Orion               | Orion          | Ori        | Orio       |
| *61         | Pavo                | Paun           | Pav        | Pavo       |
| 62          | Pegasus             | Pegaz          | Peg        | Pega       |
| 63          | Perscus             | Perzej         | Per        | Pers       |
| *64         | Phoenix             | Peniks         | Phe        | Phoe       |
| *65         | Pictor              | Slikar         | Pic        | Pisc       |
| 66          | Pisces              | Riba           | Psc        | Pict       |
| *67         | Piscis Austrinus    | Južna riba     | PsA        | PscA       |
| *68         | Puppis              | Krma (broda)   | Pap        | Pupp       |
| *69         | Pyxis               | Kompas (broda) | Pyx        | Pyxi       |
| *70         | Reticulum           | Mrežica        | Ret        | Reti       |
| 71          | Sagitta             | Strelica       | Sge        | Sgte       |
| *72         | Sagittarius         | Strijelac      | Sgr        | Sgtr       |
| *73         | Scorpius            | Skorpion       | Ser        | Scor       |
| *74         | Sculptor            | Kipar          | Scl        | Scul       |
| *75         | Scutum              | Štit           | Set        | Scut       |
| 76          | Serpens             | Zmija          | Ser        | Serp       |
| 77          | Sextans             | Sekstant       | Sex        | Sext       |
| 78          | Taurus              | Bik            | Tau        | Taur       |
| *79         | Telescopium         | Dalekozor      | Tel        | Tele       |
| 80          | Triangulum          | Trokut         | Tri        | Tria       |
| *81         | Triangulum Australe | Južni trokut   | TrA        | TrAu       |
| *82         | Tucana              | Tukan          | Tuc        | Tuen       |
| 83          | Ursa Major          | Veliki medvjed | UMa        | UMaj       |
| 84          | Ursa Minor          | Mali medvjed   | UMi        | UMin       |
| *85         | Vela                | Jedra (broda)  | Vel        | Vela       |
| 86          | Virgo               | Djevica        | Vir        | Virg       |
| *87         | Volans              | Letilica       | Vol        | Voln       |
| 88          | Vulpecula           | Lisica         | Vul        | Vulp       |

**NAJBLIŽE ZVIJEZDE**  
do daljine 5 parseka (oko 1 mil. astr. jed.)

| Red. br. | Oznaka zvijezde         | Položaj 1900.0 |               | Veličina   |             | Spekt. tip | Paralaksa | Daljina svjet. god. | Vla. sito gibanje | Napomena   |   |
|----------|-------------------------|----------------|---------------|------------|-------------|------------|-----------|---------------------|-------------------|--|---|
|          |                         | Rektascenzija  | Deklina- cija | Pri- vidna | Apso- lutna |            |           |                     |                   |  |   |
| 1        | Proxima Centauri        | h m<br>14 22.8 | ~42 15        | m<br>11    | M<br>+15.4  | M          | 0.762 ± 5 | 4.37                | 3.85              | Udaljeni pratilac od α Centauri                            |   |
| 2        | α Centauri A            | 14 32.8        | -60 25        | 0.3        | + 4.7       | Go         | 0.756     | 4.30                | 3.70              | } P = 80 god.<br>} d = 23.3 astr. jed.<br>} Tamni pratilac |   |
| 3        | α Centauri B            | 14 32.8        | -60 25        | 1.7        | + 6.1       | K3         | 0.756     | 4.30                | 3.70              |  |   |
| 4        | Barnard = CO 1060       | 17 52.9        | + 4 25        | 0.7        | +13.4       | Mb         | 0.745     | 5.93                | 10.30             |  |   |
| 5        | Luyten 789-8            | 22 30.0        | -15 42        | 14.3       | +18         | —          | 0.73      | 6.15                | 3.27              | 1037 hadena  |   |
| 6        | Luyten 726-8 A          | 1 34.0         | -18 28        | 12.5       | +15.0       | dM6e       | 0.41      | 3                   | 7.95              | 3.35   | } d = 1.75 p = 117 <sup>a</sup> Harv.<br>} Announc. Card. 950 1949. |
| 7        | Luyten 726-8 B          | 1 34.0         | -18 28        | 13.0       | +10.1       | dM6e       | 0.41      | 3                   | 7.95              | 3.35   |   |
| 8        | Wolf 350 = CO 600       | 10 51.0        | + 7 37        | 13.5       | +10.5       | M0e        | 0.404     | 10                  | 8.08              | 4.97   |   |
| 9        | Lalande 21185           | 10 57.9        | +30 38        | 7.6        | +10.5       | Mb         | 0.758     | 6                   | 8.40              | 4.78   | } Tamni pratilac<br>} P = 51 god.                                   |
| 10       | α CMa A = Sirius A      | 6 40.7         | -16 35        | -1.0       | + 1.2       | A0         | 0.373     | 2                   | 8.73              | 1.32   |   |
| 11       | α CMa B = Sirius B      | 6 40.7         | -16 35        | 7.1        | + 9.0       | F5         | 0.373     | 2                   | 8.73              | 1.32   |   |
| 12       | Ross 154                | —              | —             | 10.7       | +13.7       | M4e        | 0.350     | 0                   | 9.3               | 0.68   | } d = 23 <sup>a</sup><br>} (Bessel 1838.)                           |
| 13       | Innes = CO 621          | 11 12.0        | -37 2         | 12         | +14.7       | —          | 0.346     | 20                  | 0.59              | 2.69   |   |
| 14       | CO 1415 = Ross 248      | 23 37.0        | +43 39        | 12         | +15         | M0         | 0.314     | 7                   | 10.85             | 1.92   |   |
| 15       | ε Eridani = PGO 814     | 3 23.0         | -0 48         | 3.8        | + 6.2       | K0         | 0.305     | 7                   | 10.08             | 0.97   | } P = 40 god.   |
| 16       | α Cygni A               | 21 2.4         | +38 15        | 5.6        | + 8.0       | K5         | 0.290     | 8                   | 10.88             | 5.22   |   |
| 17       | α Cygni B               | 21 2.4         | +38 15        | 6.3        | + 8.7       | M0         | 0.290     | 9                   | 10.94             | 1.92   |   |
| 18       | τ Ori = PGO 391         | 1 30.4         | -10 28        | 3.0        | + 6.0       | K0         | 0.291     | 4                   | 10.94             | 1.92   | } P = 40 god.   |
| 19       | α CMa A = Procyon A     | 7 34.1         | + 5 20        | 0.3        | + 2.5       | F5         | 0.291     | 4                   | 11.20             | 1.25   |   |
| 20       | α CMa B = Procyon B     | 7 34.1         | + 5 20        | 14         | +10.3       | F          | 0.291     | 4                   | 11.20             | 1.25   |   |
| 21       | ε Ind = PGO 5064        | 21 55.7        | -87 12        | 4.7        | + 7.0       | K5         | 0.288     | 8                   | 11.27             | 4.97   | } d = 69 <sup>a</sup>   |
| 22       | Groombridge 34 A = (Cin | 0 12.7         | +43 27        | 5.1        | +10.4       | Ma         | 0.284     | 5                   | 11.42             | 2.91   |   |
| 23       | Groombridge 34 B = (25  | 0 12.7         | +43 27        | 10.5       | +12.9       | M5         | 0.284     | 5                   | 11.42             | 2.91   |   |

| Red. br. | Oznaka zvijezde                         | Položaj 1900.0 |             | Veličina   |             | Spekt. tip | Paralaksa | Daljina god. svjet. | Vla. sito gibanje | Napomena              |
|----------|---|----------------|-------------|------------|-------------|------------|-----------|---------------------|-------------------|-----------------------|
|          |   | Rektascenzija  | Deklinacija | Pri. vidna | Apso. lutna |            |           |                     |                   |                       |
| 24       | Σ 2805 A = Cin 2456 A                   | 18 41.7        | +59 20      | 8.8        | +11.0       | M5         | 0.282     | 4                   | 11.53             | } d = 17 <sup>a</sup> |
| 25       | Σ 2805 B = Cin 2456 B                   | 18 41.7        | +59 20      | 9.2        | +11.4       | (M5)       | 0.282     | 4                   | 11.53             |                       |
| 26       | Lacaille 9322 = Cin 3014                | 22 59.4        | -30 26      | 7.1        | + 9.7       | Map        | 0.278     | 6                   | 11.08             |                       |
| 27       | Luyten = BD+3° 1068                     | 7 22.4         | + 5 32      | 11.5       | +13.6       | —          | 0.268     | 10                  | 12.10             | } Tamni pratilac      |
| 28       | Kapteyn = Cin 675                       | 5 7.7          | -14 59      | 9.2        | +11.3       | K2         | 0.262     | 6                   | 12.44             |                       |
| 29       | Ross 614 = CO 390                       | 6 24.3         | -2 44       | 11.0       | +13.0       | —          | 0.258     | 8                   | 12.41             |                       |
| 30       | Lacaille 8760                           | 21 11.4        | -30 15      | 0.6        | + 8.6       | Map        | 0.257     | 7                   | 12.08             | } P = 44 god.         |
| 31       | Kruger 60 A                             | 22 24.4        | +57 12      | 0.3        | +11.3       | Mb         | 0.256     | 4                   | 12.73             |                       |
| 32       | Kruger 60 B                             | 22 24.4        | +57 12      | 10.8       | +12.8       | M4         | 0.256     | 4                   | 12.73             |                       |
| 33       | HD -121523 = CO 405                     | 30 21.7        | -12 23      | 9.5        | +11.5       | Mb         | 0.255     | 5                   | 12.76             | } d = 17 <sup>a</sup> |
| 34       | Van Mannen = CO 58                      | 0 43.9         | + 4 55      | 12.5       | +14.2       | F0         | 0.243     | 6                   | 13.42             |                       |
| 35       | Ross 780 = CO 1387                      | 22 47.8        | -14 47      | 9.5        | +11.3       | —          | 0.231     | 12                  | 14.11             |                       |
| 36       | GD -39° 115-0 = CO 1088                 | 17 21.1        | -46 47      | 0.4        | +11.1       | —          | 0.225     | 6                   | 14.10             | } P = 44 god.         |
| 37       | GD -37° 153-0 = Cin 3161                | 23 59.5        | -37 51      | 8.9        | +10.0       | K5         | 0.222     | 7                   | 14.56             |                       |
| 38       | Groombridge 1618 = Cin 121 <sup>a</sup> | 10 5.3         | +40 58      | 6.8        | + 8.5       | K5p        | 0.218     | 8                   | 14.55             |                       |
| 39       | BD +68° 946 = Cin 2354                  | 17 37.0        | +08 26      | 9.2        | +10.8       | Mb         | 0.212     | 5                   | 15.38             | } d = 17 <sup>a</sup> |
| 40       | GD -44° 1190-0 = CO 1040                | 17 20.8        | -44 14      | 10.0       | +11.6       | —          | 0.210     | 5                   | 15.52             |                       |
| 41       | α Aquilae = Altair                      | 19 45.9        | + 8 36      | 4.0        | + 2.5       | A5         | 0.207     | 7                   | 15.75             |                       |
| 42       | BD +43° 4305 = CO 1382                  | 22 42.5        | +43 40      | 10.2       | +11.3       | M5e        | 0.207     | 7                   | 15.75             | } d = 17 <sup>a</sup> |
| 43       | GD -49° 1313 = CO 1299                  | 21 29.0        | -49 26      | 8.6        | +10.2       | Ma         | 0.202     | 16                  | 15.75             |                       |
| 44       | ε <sup>2</sup> Eridani A                | 4 10.7         | -7 40       | 4.5        | + 6.0       | G5         | 0.202     | 3                   | 16.11             |                       |
| 45       | ε <sup>2</sup> Eridani B                | 4 10.7         | -7 40       | 9.2        | +10.7       | A          | 0.202     | 3                   | 16.11             | } d = 17 <sup>a</sup> |
| 46       | ε <sup>2</sup> Eridani C                | 4 10.7         | -7 40       | 11.0       | +12.5       | M6e        | 0.202     | 3                   | 16.14             |                       |



# PETNAEST NAJSJAJNIJIH ZVIJEZDA

(do — 30° južne deklinacije)

| Red. br. | I M E     | Oznaka        | Veličina              |                      | Absolutni sjaj $\odot = 1$ | Paralaksaksa        | Udaljenost u god. svjetlosti | Vlastito gibanje  | Brzina km/sec |      |        | Spektr. tip |
|----------|-----------|---------------|-----------------------|----------------------|----------------------------|---------------------|------------------------------|-------------------|---------------|------|--------|-------------|
|          |           |               | Prividna              | Apsolutna            |                            |                     |                              |                   | trans.        | rad. | prost. |             |
| 1        | Sirius    | $\alpha$ CMaj | m<br>—1 <sup>58</sup> | M<br>+1 <sup>3</sup> | 20                         | 0 <sup>3</sup> 73   | 8 <sup>7</sup>               | 1 <sup>3</sup> 20 | 17            | — 8  | 18     | A0          |
| 2        | Vega      | $\alpha$ Lyr  | + 0 <sup>14</sup>     | + 0 <sup>6</sup>     | 83                         | 0 <sup>1</sup> 22   | 26 <sup>0</sup>              | 0 <sup>3</sup> 45 | 18            | —14  | 19     | A0          |
| 3        | Capella   | $\alpha$ Aur  | 0 <sup>2</sup> 1      | — 0 <sup>6</sup>     | 142                        | 0 <sup>0</sup> 71   | 45 <sup>0</sup>              | 0 <sup>4</sup> 39 | 20            | +30  | 42     | O0          |
| 4        | Arcturus  | $\alpha$ Boo  | 0 <sup>2</sup> 4      | — 0 <sup>1</sup>     | 06                         | 0 <sup>0</sup> 85   | 38 <sup>3</sup>              | 2 <sup>2</sup> 87 | 127           | — 5  | 123    | K0          |
| 5        | Rigel     | $\beta$ Ori   | 0 <sup>7</sup> 34     | — 5 <sup>8</sup>     | 18 000                     | 0 <sup>0</sup> 00   | 543 <sup>3</sup>             | 0 <sup>0</sup> 05 | 4             | +23  | 23     | B8          |
| 6        | Procyon   | $\alpha$ CMi  | 0 <sup>4</sup> 8      | + 2 <sup>8</sup>     | 7                          | 0 <sup>2</sup> 01   | 11 <sup>2</sup>              | 1 <sup>2</sup> 50 | 20            | — 3  | 20     | F3          |
| 7        | Altair    | $\alpha$ Aql  | 0 <sup>8</sup> 0      | + 2 <sup>5</sup>     | 9                          | 0 <sup>2</sup> 07   | 15 <sup>7</sup>              | 0 <sup>6</sup> 59 | 15            | —25  | 30     | A5          |
| 8        | Deiugeuze | $\alpha$ Ori  | (0 <sup>3</sup> 2)    | — 3 <sup>0</sup>     | 3 000                      | 0 <sup>0</sup> 11   | 200 <sup>3</sup>             | 0 <sup>0</sup> 32 | 14            | +21  | 25     | Ma          |
| 9        | Aldebaran | $\alpha$ Tau  | 1 <sup>0</sup> 0      | — 0 <sup>6</sup>     | 156                        | 0 <sup>0</sup> 46   | 70 <sup>9</sup>              | 0 <sup>2</sup> 05 | 21            | +53  | 68     | K3          |
| 10       | Pollux    | $\beta$ Gem   | 1 <sup>2</sup> 1      | + 1 <sup>2</sup>     | 29                         | 0 <sup>1</sup> 02   | 32 <sup>0</sup>              | 0 <sup>6</sup> 24 | 29            | + 3  | 29     | K0          |
| 11       | Spica     | $\alpha$ Virg | 1 <sup>2</sup> 1      | — 3 <sup>6</sup>     | 2 350                      | 0 <sup>0</sup> 11   | 230 <sup>3</sup>             | 0 <sup>0</sup> 51 | 22            | + 2  | 22     | B2          |
| 12       | Antares   | $\alpha$ Scor | 1 <sup>2</sup> 3      | — 1 <sup>5</sup>     | 350                        | 0 <sup>0</sup> 28   | 110 <sup>4</sup>             | 0 <sup>0</sup> 32 | 5             | — 3  | 6      | M0          |
| 13       | Fomalhaut | $\alpha$ PscA | 1 <sup>2</sup> 9      | + 1 <sup>0</sup>     | 15                         | 0 <sup>1</sup> 30   | 25 <sup>1</sup>              | 0 <sup>3</sup> 00 | 13            | + 7  | 15     | A3          |
| 14       | Denob     | $\alpha$ Ory  | 1 <sup>3</sup> 3      | — 4 <sup>2</sup>     | 8 100                      | (0 <sup>0</sup> 08) | (40 <sup>7</sup> 5)          | 0 <sup>0</sup> 04 | 2             | — 4  | 5      | A2          |
| 15       | Regulus   | $\alpha$ Leon | 1 <sup>3</sup> 4      | — 0 <sup>6</sup>     | 151                        | 0 <sup>0</sup> 41   | 79 <sup>5</sup>              | 0 <sup>2</sup> 11 | 28            | + 3  | 28     | B8          |

# ZVIJEZDE SA NAJVEĆIM VLASTITIM GIBANJEM

| Redni broj | Oznaka zvijezde        | Prividna veličina   | Potožaj 1900 <sup>0</sup> |             | Paralaksaksa      | Vlastito gibanje   | Potožaj kut |
|------------|------------------------|---------------------|---------------------------|-------------|-------------------|--------------------|-------------|
|            |                        |                     | Rektascenzija             | Deklinacija |                   |                    |             |
| 1          | Barnard                | m<br>0 <sup>7</sup> | h m<br>17 52 <sup>9</sup> | + 4 25      | 0 <sup>3</sup> 45 | 10 <sup>2</sup> 90 | 356         |
| 2          | Kapteyn                | 9 <sup>2</sup>      | 5 7 <sup>7</sup>          | — 41 59     | 0 <sup>2</sup> 82 | 8 <sup>7</sup> 90  | 131         |
| 3          | Groombridge 1830       | 6 <sup>5</sup>      | 11 47 <sup>2</sup>        | + 38 20     | 0 <sup>1</sup> 67 | 7 <sup>0</sup> 31  | 146         |
| 4          | Lacaille 0352          | 7 <sup>4</sup>      | 22 50 <sup>4</sup>        | — 30 26     | 0 <sup>2</sup> 78 | 6 <sup>8</sup> 74  | 79          |
| 5          | Cin 3161               | 8 <sup>3</sup>      | 23 59 <sup>5</sup>        | — 37 51     | 0 <sup>2</sup> 22 | 0 <sup>0</sup> 00  | 113         |
| 6          | CC 402 = Ross 610      | (14 <sup>4</sup> )  | 8 6 <sup>5</sup>          | + 0 10      | 0 <sup>1</sup> 54 | 5 <sup>4</sup> 0   | 167         |
| 7          | 01 Oryg                | 5 <sup>0</sup>      | 21 2 <sup>4</sup>         | + 38 15     | 0 <sup>2</sup> 00 | 5 <sup>2</sup> 16  | 52          |
| 8          | Lalande 21185          | 7 <sup>6</sup>      | 10 57 <sup>0</sup>        | + 36 38     | 0 <sup>3</sup> 83 | 4 <sup>7</sup> 78  | 137         |
| 9          | e Indi                 | 4 <sup>7</sup>      | 21 55 <sup>7</sup>        | — 57 12     | 0 <sup>2</sup> 88 | 4 <sup>0</sup> 74  | 123         |
| 10         | Wolf 359               | 13 <sup>5</sup>     | 10 51 <sup>5</sup>        | + 7 37      | 0 <sup>3</sup> 03 | 4 <sup>0</sup> 7   | 235         |
| 11         | Lalande 21258          | 8 <sup>6</sup>      | 11 0 <sup>5</sup>         | + 44 2      | 0 <sup>1</sup> 75 | 4 <sup>5</sup> 13  | 252         |
| 12         | o <sup>2</sup> Iridani | 4 <sup>5</sup>      | 4 10 <sup>7</sup>         | — 7 49      | 0 <sup>2</sup> 02 | 4 <sup>0</sup> 78  | 213         |
| 13         | CC 761 = Wolf 489      | (15 <sup>2</sup> )  | 19 31 <sup>8</sup>        | + 4 13      | 0 <sup>1</sup> 30 | 3 <sup>3</sup> 4   | 352         |
| 14         | Proxima Centauri       | 11 <sup>0</sup>     | 14 22 <sup>8</sup>        | — 62 15     | 0 <sup>7</sup> 62 | 3 <sup>3</sup> 5   | 283         |
| 15         | $\mu$ Cassiopeiæ       | 5 <sup>3</sup>      | 1 1 <sup>4</sup>          | + 54 26     | 0 <sup>1</sup> 30 | 3 <sup>7</sup> 81  | 115         |
| 16         | Luyten                 | 11 <sup>5</sup>     | 7 22 <sup>4</sup>         | + 5 32      | 0 <sup>2</sup> 03 | 3 <sup>7</sup> 6   | 171         |
| 17         | $\alpha$ Centauri      | 6 <sup>3</sup>      | 14 32 <sup>8</sup>        | — 60 25     | 0 <sup>7</sup> 50 | 3 <sup>6</sup> 8   | 381         |
| 18         | Cin 2019               | 9 <sup>4</sup>      | 15 4 <sup>7</sup>         | — 15 54     | 0 <sup>0</sup> 40 | 3 <sup>6</sup> 8   | 106         |
| 19         | Lacaille 5760          | 6 <sup>5</sup>      | 21 11 <sup>4</sup>        | — 39 15     | 0 <sup>2</sup> 57 | 3 <sup>4</sup> 59  | 251         |
| 20         | Luyten 726-8           | 11 <sup>0</sup>     | 1 34 <sup>0</sup>         | — 18 28     | 0 <sup>4</sup> 1  | 3 <sup>3</sup> 5   | —           |

# ZVIJEZDE SA NAJVEĆIM RADIJALNIM GIBANJEM

| Redni broj | Oznaka zvijezde         | Prividna veličina | Spektralni tip | Položaj 1900 <sup>0</sup> |             | Gibanje         |                  |
|------------|-------------------------|-------------------|----------------|---------------------------|-------------|-----------------|------------------|
|            |                         |                   |                | Rektascenzija             | Deklinacija | Vluster         | Radijalno km/sec |
| 1          | Orn 560                 | m                 | A8             | h m                       | ° ' "       | "               | +538             |
| 2          | Orn 2018                | 8 <sup>9</sup>    | Q5             | 4 8 <sup>6</sup>          | +22 6       | 0 <sup>54</sup> | +306             |
| 3          | S Lhr                   | 9 <sup>0</sup>    | M2e            | 15 4 <sup>7</sup>         | -15 50      | 3 <sup>68</sup> | +205             |
| 4          | Orn 2019                | var.              | Q0             | 15 15 <sup>0</sup>        | -20 2       | 0 <sup>20</sup> | +200             |
| 5          | S Carl                  | 9 <sup>4</sup>    | Q0             | 15 4 <sup>7</sup>         | -15 54      | 3 <sup>68</sup> | +389             |
| 6          | Kapteyn                 | var.              | Md             | 10 0 <sup>2</sup>         | -01 4       | 0 <sup>11</sup> | +242             |
| 7          | Vau Maanen              | 9 <sup>2</sup>    | K2             | 5 7 <sup>7</sup>          | -44 59      | 8 <sup>75</sup> | +238             |
| 8          | Orn 1636                | 12 <sup>3</sup>   | F3             | 0 43 <sup>9</sup>         | + 4 55      | 2 <sup>08</sup> | +220             |
| 9          | R Piet                  | 8 <sup>2</sup>    | F4             | 12 50 <sup>1</sup>        | -20 50      | 0 <sup>51</sup> | +208             |
| 10         | A. 9. Wash. 3498        | var.              | Md             | 4 43 <sup>5</sup>         | -49 26      | 0 <sup>07</sup> | +209             |
| 11         | RZ Lyr                  | 9 <sup>4</sup>    | A7             | 8 36 <sup>1</sup>         | -15 59      | 0 <sup>56</sup> | -220             |
| 12         | BD + 23 <sup>123</sup>  | var.              | A2             | 18 30 <sup>9</sup>        | +32 42      | ...             | -231             |
| 13         | Orn 2818                | 8 <sup>8</sup>    | R3             | 0 48 <sup>0</sup>         | +23 32      | 0 <sup>15</sup> | -240             |
| 14         | Orn 625                 | 0 <sup>1</sup>    | F0             | 17 33 <sup>0</sup>        | +18 37      | 0 <sup>38</sup> | -242             |
| 15         | Orn 149                 | 8 <sup>2</sup>    | F7             | 7 47 <sup>2</sup>         | +30 55      | 1 <sup>06</sup> | -325             |
| 16         | Luyton 673              | 7 <sup>8</sup>    | F5             | 1 3 <sup>3</sup>          | +61 1       | 0 <sup>54</sup> | -354             |
| 17         | VX Herc                 | 11 <sup>3</sup>   | A              | 21 41 <sup>0</sup>        | +43 51      | 0 <sup>04</sup> | -380             |
| 18         | BD + 20 <sup>5071</sup> | var.              | A3             | 10 28 <sup>2</sup>        | +18 36      | ...             | -383             |
|            |                         | 8 <sup>8</sup>    | R3             | 21 59 <sup>7</sup>        | +20 31      | 0 <sup>02</sup> |                  |

# PETNAEST NAJSJAJNIJH DVOJNIH ZVIJEZDA

| Red. br. | Oznaka zvijezde    | Položaj 1950 <sup>0</sup> |                  | Prividna veličina, spektar, boja     |                                      | Pozicijoni kut                    | Paljina komponenta | Epoha             | Period     | Broj zvijezda u katalogu Struve |
|----------|--------------------|---------------------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------|------------|---------------------------------|
|          |                    | α                         | δ                | Glavna zvijezda                      | Pratilac                             |                                   |                    |                   |            |                                 |
| 1        | η Cass             | h m                       | +57 <sup>5</sup> | m                                    | m                                    | °                                 | 8 <sup>06</sup>    | 1926 S            | god. 500   | Σ 40                            |
| 2        | γ Arie             | 0 47                      | +19 <sup>0</sup> | 3 <sup>6</sup> F8 žuta               | 7 <sup>6</sup> M1 crv.               | 267 <sup>6</sup>                  | 8 <sup>35</sup>    | 1024 <sup>7</sup> |            | 180                             |
| 3        | γ Andr             | 1 50                      | +42 <sup>1</sup> | 4 <sup>7</sup> A0 bij.               | 4 <sup>8</sup> B0 zel.               | 359 <sup>6</sup>                  | 10 <sup>01</sup>   | 1025 <sup>1</sup> |            | 205                             |
| 4        | γ Oat              | 2 01                      | +3 <sup>0</sup>  | 2 <sup>3</sup> K0 žuta               | 5 <sup>1</sup> A0 zel.               | 62 <sup>0</sup>                   | 3 <sup>05</sup>    | 1020 <sup>1</sup> |            | 280                             |
| 5        | θ Auri             | 2 40                      | +37 <sup>2</sup> | 3 <sup>6</sup> A2 —                  | 6 <sup>8</sup> F3 —                  | 203 <sup>4</sup>                  | 2 <sup>81</sup>    | 1021 <sup>3</sup> |            |                                 |
| 6        | α Gem              | 5 56                      | +32 <sup>0</sup> | 2 <sup>7</sup> A0 —                  | 7 <sup>5</sup> — —                   | 331 <sup>0</sup>                  | 4 <sup>58</sup>    | 1026 <sup>2</sup> | 806        | 1110                            |
| 7        | γ Leon             | 7 31                      | +20 <sup>1</sup> | 2 <sup>0</sup> A2 —                  | 2 <sup>6</sup> A2 —                  | 212 <sup>6</sup>                  | 3 <sup>04</sup>    | 1035 <sup>4</sup> | 407        | 1424                            |
| 8        | γ Virg             | 10 17                     | — 1 <sup>2</sup> | 2 <sup>6</sup> K0 —                  | 3 <sup>7</sup> F0 —                  | 118 <sup>3</sup>                  | 5 <sup>02</sup>    | 1025 <sup>8</sup> | 180        | 1670                            |
| 9        | ε UMa              | 12 30                     | +55 <sup>2</sup> | 3 <sup>7</sup> F0 —                  | 4 <sup>0</sup> A2 —                  | 320 <sup>8</sup>                  | 14 <sup>54</sup>   | 1025 <sup>2</sup> | 1744       | 1877                            |
| 10       | ε Boot             | 13 22                     | +27 <sup>3</sup> | 2 <sup>4</sup> A2 —                  | 5 <sup>1</sup> A0 zel.               | 150 <sup>0</sup>                  | 4 <sup>62</sup>    | 1026 <sup>0</sup> |            | 2140                            |
| 11       | α Herc             | 14 43                     | +14 <sup>5</sup> | 2 <sup>7</sup> K0 žuta               | 5 <sup>4</sup> F0 zel.               | 333 <sup>3</sup>                  | 3 <sup>18</sup>    | 1027 <sup>7</sup> | 2383; 2386 | I 43                            |
| 12       | ε <sup>1</sup> Lyr | 17 12                     | +39 <sup>0</sup> | 3 <sup>5</sup> M5 nar.               | 5 <sup>4</sup> F0 zel.               | 111 <sup>0</sup>                  | 3 <sup>26</sup>    | 1024 <sup>7</sup> |            | 2603                            |
| 13       | β Oryg             | 18 43                     | +27 <sup>0</sup> | 5 <sup>1</sup> A3; 5 <sup>1</sup> A5 | 6 <sup>0</sup> A3; 5 <sup>4</sup> A5 | 8 <sup>1</sup> ; 117 <sup>3</sup> | 10 <sup>53</sup>   |                   |            |                                 |
| 14       | ε Drae             | 19 20                     | +70 <sup>1</sup> | 3 <sup>2</sup> K0 žuta               | 5 <sup>4</sup> B9 mod.               | 54 <sup>7</sup>                   |                    |                   |            |                                 |
| 15       | γ Diph             | 19 40                     | +13 <sup>9</sup> | 4 <sup>0</sup> G2 —                  | 7 <sup>6</sup> F5 —                  | 11 <sup>0</sup>                   |                    |                   |            |                                 |
|          |                    | 20 44                     |                  | 4 <sup>5</sup> K2 žuta               | 5 <sup>5</sup> F6 zel.               | 263 <sup>9</sup>                  |                    |                   |            |                                 |



# EKLIPSNE PROMJENLJIVE ZVIJEZDE

| Red. br. | Oznaka zviijezde | Položaj 1950r9 |               | Spektar | Pre-vidna veličina | Promjena sjaja |            | Trajanje eklipse | Period u danima p | Otkriće promjenljivosti |
|----------|------------------|----------------|---------------|---------|--------------------|----------------|------------|------------------|-------------------|-------------------------|
|          |                  | Rekles-cenzija | Deklina. elja |         |                    | Glav. min.     | Drugi min. |                  |                   |                         |
| 1        | YZ Cass          | h m<br>0 41.6  | +74 43        | A3      | m<br>5.7           | m<br>0.4       | m<br>0.1   | h<br>7.8         | d<br>4.4072       | —                       |
| 2        | β Pers           | 3 4.0          | +40 40        | B9      | 2.2                | 1.3            | —          | h<br>9.3         | 2.8673            | Montanari, 1907         |
| 3        | α Taur           | 3 57.7         | +12 21        | B3      | 3.8                | 0.4            | —          | h<br>14          | 3.9530            | Baxendell, 1849         |
| 4        | η Aur            | 4 57.8         | +43 45        | F2p     | 3.2                | 0.7            | —          | 754 dana         | 9383              | Frtsch, 1891            |
| 5        | ξ Aur            | 4 59.7         | +41 09        | K5+B8c  | 4.9                | 0.5            | —          | 395 dana         | 972               | Christie, 1935          |
| 6        | VV Ori           | 5 30.0         | — 1 12        | B2      | 5.3                | 0.4            | 0.1        | —                | 1.4854            | Miller Barr, 1903       |
| 7        | RR Lyn           | 6 21.0         | +56 19        | A6      | 5.6                | 0.4            | 0.2        | h<br>19          | 9.9450            | —                       |
| 8        | WW Aur           | 6 28.8         | +32 30        | A7      | 5.6                | 0.6            | 0.5        | h<br>6.4         | 2.5350            | Schwab, 1918.           |
| 9        | R CMa            | 7 10.5         | —16 17        | A9      | 5.3                | 0.6            | 0.1        | h<br>4           | 1.1950            | Sawyer, 1887            |
| 10       | ξ Libr           | 14 57.7        | — 8 19        | A1      | 4.8                | 1.1            | 0.1        | h<br>13          | 2.3273            | Schmidt, 1895           |
| 11       | U Ophi           | 17 13.0        | + 1 16        | B5      | 5.7                | 0.7            | 0.6        | h<br>7.7         | 1.6773            | Gould, 1871             |
| 12       | ν Herc           | 17 15.0        | +33 09        | B3      | 4.0                | 0.7            | 0.3        | —                | 2.0510            | Schmidt, 1899           |
| 13       | ρ Lyn            | 18 47.9        | +33 19        | B2p     | 3.4                | 0.0            | 0.4        | —                | 12.9206           | Goedtcke, 1781          |
| 14       | VV Cep           | 21 55.3        | +63 22        | M2+B8c  | 6.0                | 0.8            | —          | 450 dana         | 7430              | McLaughlin, 1936        |

# MINIMA ALGOLA (β PERSEI) 1951

| Dan | Satovi srednje-evropskog vremena |              |             |              |              |              |              |             |              |             |              |              | Dan |
|-----|----------------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-----|
|     | I                                | II           | III         | IV           | V            | VI           | VII          | VIII        | IX           | X           | XI           | XII          |     |
| 1   | h m<br>13 29                     | h m<br>13 29 | h m<br>5 48 | h m<br>18 46 | h m<br>23 48 | h m<br>23 48 | h m<br>12 46 | h m<br>4 59 | h m<br>17 49 | h m<br>7 00 | h m<br>19 59 | h m<br>12 02 | 1   |
| 2   | —                                | —            | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 2   |
| 3   | 21 24                            | 10 22        | 2 20        | 15 24        | 29 41        | 29 41        | 12 46        | 1 43        | 14 41        | 3 38        | —            | —            | 3   |
| 4   | —                                | —            | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 4   |
| 5   | 18 17                            | —            | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 5   |
| 6   | —                                | —            | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 6   |
| 7   | —                                | —            | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 7   |
| 8   | 15 10                            | 4 07         | 23 19       | 12 17        | 17 31        | 17 31        | 9 38         | 22 36       | 11 34        | 0 31        | 16 36        | 5 34         | 8   |
| 9   | —                                | —            | 20 12       | —            | 14 12        | 14 12        | 8 31         | 19 29       | 8 26         | —           | 13 20        | —            | 9   |
| 10  | —                                | —            | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 10  |
| 11  | —                                | —            | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 11  |
| 12  | 11 48                            | 6 46         | 17 05       | —            | 11 05        | 11 05        | 3 10         | 16 07       | —            | 21 24       | 10 22        | 2 20         | 12  |
| 13  | —                                | —            | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 13  |
| 14  | 8 41                             | 21 38        | 13 43       | 8 02         | 7 58         | 7 58         | 0 02         | 13 00       | 5 05         | 15 02       | 7 00         | 23 10        | 14  |
| 15  | —                                | —            | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 15  |
| 16  | —                                | —            | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 16  |
| 17  | 6 34                             | 18 31        | 10 36       | 23 34        | 4 36         | 4 36         | 20 55        | 9 53        | 1 58         | 14 55       | 8 53         | 29 12        | 17  |
| 18  | —                                | —            | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 18  |
| 19  | —                                | —            | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 19  |
| 20  | —                                | —            | —           | —            | —            | —            | 17 48        | —           | —            | 11 48       | —            | 16 50        | 20  |
| 21  | 2 12                             | 15 10        | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 21  |
| 22  | —                                | —            | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 22  |
| 23  | 23 05                            | 12 02        | —           | —            | 1 20         | 1 20         | 14 28        | 6 46        | 19 43        | —           | 0 46         | 13 43        | 23  |
| 24  | —                                | —            | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 24  |
| 25  | —                                | —            | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 25  |
| 26  | 19 58                            | 8 55         | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 26  |
| 27  | —                                | —            | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 27  |
| 28  | —                                | —            | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 28  |
| 29  | 10 50                            | —            | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 29  |
| 30  | —                                | —            | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 30  |
| 31  | —                                | —            | —           | —            | —            | —            | —            | —           | —            | —           | —            | —            | 31  |

SJAJNIJE KRATKOPERIODIČNE PROMJENLJIVE ZVIJEZDE  
(sjajnije cefeide)

| Redni<br>br. | Oznaka<br>zvijezde | Položaj 1950.0 |             | Spektar | Prividna<br>veličina<br>maksimuma | Promjena<br>sjaja<br>$\Delta m$ | Period<br>promjene<br>P | Otkriće<br>promjenljivosti |
|--------------|--------------------|----------------|-------------|---------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------------|
|              |                    | Rektascenzija  | Deklinacija |         |                                   |                                 |                         |                            |
| 1            | T Mon              | h m<br>0 22.5  | + 7° 07'    | F8-K0   | m<br>5.8                          | m<br>1.0                        | d<br>27.0005            | Gould 1871                 |
| 2            | K' Aur             | 0 25.3         | + 30 32     | F1-G5   | 5.4                               | 1.2                             | 3.7283                  | Ashbury 1905               |
| 3            | ζ Gem              | 7 01.1         | + 20 39     | e04     | 3.7                               | 0.4                             | 10.1535                 | Schmidt 1847               |
| 4            | U Mon              | 7 23.4         | — 0 40      | G3-K2   | 5.6                               | 1.7                             | 92.20                   | Gould 1873                 |
| 5            | RR Lyn             | 10 23.8        | + 42 42     | B0-F2   | 7.2                               | 0.7                             | 0.5608                  | —                          |
| 6            | η Aql              | 19 40.9        | + 0 53      | F2-G9   | 3.7                               | 0.7                             | 7.1765                  | Pigott 1784                |
| 7            | S Sgr              | 19 53.8        | + 18 31     | F8-G7   | 5.8                               | 1.0                             | 8.3816                  | Gose 1885                  |
| 8            | T Vulp             | 20 40.4        | + 28 03     | F8-G5   | 5.5                               | 0.8                             | 4.4356                  | Sawyer 1885                |
| 9            | δ Cep              | 22 27.4        | + 58 00     | F4-G0   | 3.0                               | 0.7                             | 5.3864                  | Goodricke 1787             |

SJAJNIJE DUGOPERIODIČNE PROMJENLJIVE ZVIJEZDE

| Redni<br>br. | Oznaka<br>zvijezde | Položaj 1950.0 |             | Spektar | Prividna<br>veličina<br>maksimuma | Promjena<br>sjaja<br>$\Delta m$ | Period<br>promjene<br>P | Otkriće<br>promjenljivosti |
|--------------|--------------------|----------------|-------------|---------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------------|
|              |                    | Rektascenzija  | Deklinacija |         |                                   |                                 |                         |                            |
| 1            | o Ceti (Mir)       | h m<br>2 10.8  | — 3° 13'    | M50     | m<br>2.9                          | m<br>8.1                        | d<br>331.8              | Fabritius 1596             |
| 2            | R Tru              | 2 34.0         | + 34 01     | M66     | 5.3                               | 6.7                             | 305.6                   | Fleming 1890               |
| 3            | U Ori              | 5 52.8         | + 20 10     | M80     | 5.4                               | 6.8                             | 376.9                   | Gose 1885                  |
| 4            | R Leon             | 9 44.8         | + 11 40     | M56     | 5.0                               | 5.5                             | 308.7                   | Koch 1782                  |
| 5            | R UMa              | 10 41.2        | + 60 02     | M40     | 6.0                               | 7.3                             | 301                     | Pegson 1853                |
| 6            | T UMa              | 12 34.2        | + 50 46     | M46     | 5.5                               | 7.7                             | 250                     | Bono 1809                  |
| 7            | R Hyda             | 13 26.9        | — 22 56     | M76     | 3.5                               | 6.4                             | 415                     | Mairaldi 1764              |
| 8            | R Boot             | 14 34.0        | + 26 58     | M46     | 6.0                               | 6.3                             | 226                     | Argelauder 1853            |
| 9            | R Serp             | 15 43.4        | + 15 18     | M76     | 5.0                               | 7.9                             | 349                     | Harding 1856               |
| 10           | S Here             | 16 40.0        | + 15 02     | M66     | 6.2                               | 6.4                             | 314                     | Schönfeld 1876             |



SJAJNIJE NEPRAVILNE PROMJENLJIVE ZVIJEZDE

# SJAJNIJE NEPRAVILNE PROMJENLJIVE ZVIJEZDE

| Redni<br>br. | Oznaka<br>zvijezde | Položaj 1950 <sup>0</sup> |                   | Spektar   | Prividna veličina |          | Period   | Otkriće<br>promjenljivosti |                  |
|--------------|--------------------|---------------------------|-------------------|-----------|-------------------|----------|----------|----------------------------|------------------|
|              |                    | Rektascenzija             |                   |           | Deklinacija       |          |          |                            |                  |
|              |                    | h                         | m                 |           | °                 | '        |          |                            | Maksimum         |
| 1            | α Cass             | 0                         | 37 <sup>m</sup> 7 | + 56° 10' | G8                | m<br>2.1 | m<br>2.6 | d<br>91.0 (7)              | Birt 1831        |
| 2            | φ Pers             | 3                         | 02 <sup>m</sup> 5 | + 38 30   | M6                | 3.2      | 4.1      |                            | Schmidt 1854     |
| 3            | α Orlo             | 5                         | 52 <sup>m</sup> 4 | + 7 24    | M2                | 0.1      | 1.2      |                            | J. Herschel 1840 |
| 4            | η Gemi             | 0                         | 11 <sup>m</sup> 5 | + 22 32   | M2                | 3.2      | 4.2      |                            | Schmidt 1805     |
| 5            | RS Cane            | 0                         | 07 <sup>m</sup> 6 | + 31 11   | M0                | 5.3      | 6.8      | 239 (7)                    | Pickering 1903   |
| 6            | R CorB             | 15                        | 40 <sup>m</sup> 5 | + 23 18   | eG0ep             | 5.8      | 13.8     |                            | Pigott 1795      |
| 7            | X Herc             | 16                        | 01 <sup>m</sup> 1 | + 47 22   | Me                | 5.8      | 7.2      | 100 <sup>2</sup>           | Gese 1890        |
| 8            | g Herc             | 16                        | 26 <sup>m</sup> 0 | + 42 00   | Mbp               | 4.4      | 5.0      |                            | Baxendell 1857   |
| 9            | α Herc             | 17                        | 12 <sup>m</sup> 4 | + 14 26   | M5                | 3.1      | 3.9      |                            | Herschel 1705    |
| 10           | α Serp             | 18                        | 24 <sup>m</sup> 0 | + 0 00    | A0p               | 4.0      | 5.6      |                            | Jendell 1804     |
| 11           | R Scut             | 18                        | 44 <sup>m</sup> 8 | + 5 45    | K5e               | 4.5      | 9        |                            | Pigott 1705      |
| 12           | W Cygn             | 21                        | 34 <sup>m</sup> 1 | + 45 10   | M4e               | 5.1      | 7.6      | 131                        | Gese 1885        |
| 13           | μ Cepb             | 21                        | 42 <sup>m</sup> 0 | + 53 33   | M2                | 4.0      | 4.8      |                            | Hind 1848        |
| 14           | α Cass             | 23                        | 51 <sup>m</sup> 9 | + 57 13   | eOp               | 4.4      | 5.1      |                            | Wells 1901       |

KONSTANTE ZA REDUKCIJU, 1951

| Datum<br>0 h svj.<br>vr. | i       | f                      | g     | log g  | G                         | h                       | log h  | H                         | i                        | log i   |
|--------------------------|---------|------------------------|-------|--------|---------------------------|-------------------------|--------|---------------------------|--------------------------|---------|
| Jan. 1                   | 0.0005  | <sup>s</sup><br>+0.154 | 8.58  | 0.9337 | <sup>h m</sup><br>18 26.9 | <sup>h m</sup><br>20.43 | 1.3101 | <sup>h m</sup><br>23 24.1 | <sup>h m</sup><br>— 1.98 | 0.140 n |
| 11                       | +0.0269 | 0.273                  | 8.80  | 0.9443 | 18 46.7                   | 20.28                   | 1.3071 | 22 40.3                   | 2.78                     | 0.444 n |
| 21                       | +0.0543 | 0.386                  | 9.11  | 0.9593 | 19 04.1                   | 20.06                   | 1.3023 | 22 07.8                   | 4.09                     | 0.612 n |
| 31                       | +0.0817 | 0.490                  | 9.48  | 0.9767 | 19 18.7                   | 19.78                   | 1.2962 | 21 28.5                   | 5.27                     | 0.722 n |
| Feb. 10.                 | 0.1091  | 0.584                  | 9.87  | 0.9943 | 19 30.8                   | 19.48                   | 1.2897 | 20 48.0                   | — 6.28                   | 0.798 n |
| 20                       | 0.1364  | 0.669                  | 10.25 | 1.0106 | 19 40.7                   | 19.20                   | 1.2834 | 20 06.5                   | 7.09                     | 0.851 n |
| Mar. 1                   | 0.1611  | 0.738                  | 10.55 | 1.0234 | 19 48.5                   | 18.90                   | 1.2786 | 19 28.3                   | — 7.63                   | 0.883 n |
| 11                       | 0.1885  | 0.809                  | 10.84 | 1.0352 | 19 56.4                   | 18.84                   | 1.2750 | 18 45.3                   | 8.01                     | 0.904 n |
| 21                       | 0.2158  | 0.876                  | 11.08 | 1.0440 | 20 04.1                   | 18.78                   | 1.2737 | 18 01.9                   | 8.14                     | 0.911 n |
| 31                       | 0.2432  | 0.944                  | 11.28 | 1.0522 | 20 12.2                   | 18.83                   | 1.2748 | 17 18.6                   | 8.03                     | 0.905 n |
| Apr. 10                  | 0.2706  | 1.014                  | 11.45 | 1.0586 | 20 21.1                   | 18.97                   | 1.2731 | 16 36.3                   | — 7.69                   | 0.886 n |
| 20                       | 0.2980  | 1.090                  | 11.61 | 1.0649 | 20 30.9                   | 19.19                   | 1.2831 | 15 54.0                   | 7.12                     | 0.852 n |
| 30                       | 0.3254  | 1.173                  | 11.81 | 1.0722 | 20 41.4                   | 19.46                   | 1.2892 | 15 14.9                   | 6.34                     | 0.802 n |
| May 10                   | 0.3527  | 1.264                  | 12.06 | 1.0812 | 20 52.5                   | 19.75                   | 1.2955 | 14 36.1                   | — 5.39                   | 0.782 n |
| 20                       | 0.3801  | 1.364                  | 12.37 | 1.0925 | 21 03.8                   | 20.02                   | 1.3014 | 13 58.6                   | 4.20                     | 0.633 n |
| 30                       | 0.4075  | 1.472                  | 12.78 | 1.1064 | 21 14.7                   | 20.24                   | 1.3062 | 13 22.1                   | 3.08                     | 0.458 n |
| Jun. 9                   | 0.4349  | 1.585                  | 13.26 | 1.1230 | 21 24.7                   | 20.39                   | 1.3095 | 12 46.5                   | — 1.78                   | 0.250 n |
| 19                       | 0.4623  | 1.701                  | 13.82 | 1.1404 | 21 33.5                   | 20.47                   | 1.3110 | 12 11.3                   | — 0.44                   | 0.030 n |
| 29                       | 0.4896  | 1.815                  | 14.43 | 1.1592 | 21 40.9                   | 20.45                   | 1.3107 | 11 36.3                   | + 0.02                   | 0.962   |
| Jul. 9                   | 0.5170  | 1.933                  | 15.08 | 1.1783 | 21 46.8                   | 20.35                   | 1.3085 | 11 01.0                   | + 2.24                   | 0.351   |
| 19                       | 0.5444  | 2.044                  | 15.73 | 1.1963 | 21 51.5                   | 20.17                   | 1.3046 | 10 25.3                   | + 3.51                   | 0.345   |
| 29                       | 0.5718  | 2.148                  | 16.38 | 1.2143 | 21 55.1                   | 19.93                   | 1.2994 | 0 48.8                    | 4.68                     | 0.670   |
| Aug. 8                   | 0.5991  | 2.245                  | 17.00 | 1.2304 | 21 57.8                   | 19.65                   | 1.2934 | 0 11.2                    | + 5.79                   | 0.758   |
| 18                       | 0.6265  | 2.334                  | 17.57 | 1.2448 | 21 59.9                   | 19.37                   | 1.2872 | 8 32.4                    | 6.61                     | 0.820   |
| 28                       | 0.6539  | 2.414                  | 18.09 | 1.2575 | 22 01.8                   | 19.12                   | 1.2815 | 7 52.4                    | 7.81                     | 0.864   |
| Sep. 7                   | 0.6813  | 2.487                  | 18.56 | 1.2685 | 22 03.7                   | 18.92                   | 1.2763 | 7 11.2                    | + 7.81                   | 0.893   |
| 17                       | 0.7087  | 2.556                  | 18.97 | 1.2781 | 22 05.8                   | 18.81                   | 1.2742 | 6 29.2                    | 8.09                     | 0.908   |
| 27                       | 0.7360  | 2.623                  | 19.34 | 1.2866 | 22 08.4                   | 18.73                   | 1.2733 | 5 46.6                    | 8.13                     | 0.910   |
| Okt. 7                   | 0.7634  | 2.690                  | 19.70 | 1.2944 | 22 11.7                   | 18.87                   | 1.2757 | 5 03.8                    | + 7.94                   | 0.909   |
| 17                       | 0.7908  | 2.762                  | 20.05 | 1.3022 | 22 15.5                   | 19.04                   | 1.2798 | 4 21.5                    | 7.51                     | 0.878   |
| 27                       | 0.8182  | 2.840                  | 20.43 | 1.3103 | 22 19.9                   | 19.29                   | 1.2853 | 3 39.8                    | 6.85                     | 0.836   |
| Nov. 0                   | 0.8456  | 2.928                  | 20.86 | 1.3192 | 22 24.7                   | 19.58                   | 1.2915 | 2 50.1                    | + 5.98                   | 0.777   |
| 16                       | 0.8729  | 3.022                  | 21.34 | 1.3292 | 22 29.6                   | 19.87                   | 1.2982 | 2 19.3                    | 4.92                     | 0.692   |
| 26                       | 0.9003  | 3.128                  | 21.90 | 1.3405 | 22 34.4                   | 20.18                   | 1.3039 | 1 40.5                    | 3.71                     | 0.569   |
| Dec. 6                   | 0.9277  | 3.242                  | 22.53 | 1.3528 | 22 38.8                   | 20.33                   | 1.3082 | 1 02.4                    | + 2.37                   | 0.375   |
| 16                       | 0.9551  | 3.361                  | 23.23 | 1.3660 | 22 42.5                   | 20.45                   | 1.3106 | 0 24.9                    | + 0.96                   | 0.083   |
| 26                       | 0.9824  | 3.483                  | 23.96 | 1.3795 | 22 45.5                   | 20.40                   | 1.3110 | 23 47.5                   | — 0.45                   | 0.684 n |
| 31                       | +0.9961 | 3.514                  | 24.34 | 1.3862 | 22 46.7                   | 20.43                   | 1.3104 | 23 28.8                   | — 1.20                   | 0.081 n |

SREDNJA MJESTA OSNOVNIH ZVIJEZDA  
za 1951'0 (Jan, 1'166), do -30° deklinacije

| Red. br. | Oznaka zvijezde        | Ime zvijezde | Prividna veličina < 3.0 | Rektascenzija       | Godišnje vlastito gibanje | Deklinacija  | Godišnje vlastito gibanje |
|----------|------------------------|--------------|-------------------------|---------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|
| 1        | $\alpha$ Andromedae    | Sirrah       | m 2'15                  | h m s<br>0 05 50'05 | s<br>+0'010               | + 28 49 12'0 | "<br>- 0'16               |
| 2        | $\beta$ Cassiopeiae    | Chaph        | 2'42                    | 0 06 32'03          | +0'068                    | + 58 52 48'6 | - 0'18                    |
| 3        | $\gamma$ Pegasi        | Algenib      | 2'87                    | 0 10 42'54          | 0'000                     | + 14 34 40'0 | - 0'01                    |
| 4        | $\alpha$ Cassiopeiae   | Sadir        | 2'1-2'0                 | 0 37 42'70          | +0'006                    | + 58 16 08'4 | - 0'03                    |
| 5        | $\beta$ Ceti           | Diphda       | 2'24                    | 0 41 07'83          | +0'016                    | - 18 15 18'8 | + 0'04                    |
| 6        | $\gamma$ Cassiopeiae   | Clh          | 1'0-2'3                 | 0 53 43'32          | +0'003                    | + 50 27 08'8 | 0'00                      |
| 7        | $\beta$ Andromedae     | Mirah        | 2'37                    | 1 06 58'83          | +0'015                    | + 35 21 40'7 | - 0'11                    |
| 8        | $\delta$ Cassiopeiae   | Ruchb        | 2'80                    | 1 22 35'41          | +0'040                    | + 59 58 53'0 | - 0'05                    |
| 9        | $\alpha$ Ursae Minoris | Polaris      | 2'12                    | 1 49 28'00          | +0'178                    | + 89 02 01'5 | 0'00                      |
| 10       | $\beta$ Arctis         | Choratan     | 2'72                    | 1 51 55'05          | +0'007                    | + 20 34 09'0 | - 0'11                    |
| 11       | $\gamma$ Andromedae    | Alamak       | 2'28                    | 2 00 52'87          | +0'004                    | + 43 05 44'3 | - 0'05                    |
| 12       | $\alpha$ Arctis        | Hamat        | 2'23                    | 2 04 24'30          | +0'014                    | + 23 13 51'0 | - 0'11                    |
| 13       | $\alpha$ Ceti          | Menkar       | 2'82                    | 2 59 43'80          | -0'001                    | + 3 53 55'3  | - 0'07                    |
| 14       | $\beta$ Persel         | Algol        | 2'2-3'5                 | 3 01 58'28          | +0'001                    | + 40 46 08'4 | 0'00                      |
| 15       | $\alpha$ Persel        | Mirfak       | 1'00                    | 3 20 48'74          | +0'003                    | + 40 41 18'8 | - 0'04                    |
| 16       | $\eta$ Tauri           | Aleyono      | 2'00                    | 3 44 33'09          | +0'002                    | + 23 57 18'0 | - 0'04                    |
| 17       | $\zeta$ Persel         | —            | 2'01                    | 3 51 02'74          | +0'001                    | + 31 41 23'2 | - 0'01                    |
| 18       | $\alpha$ Tauri         | Aldebaran    | 1'06                    | 4 33 06'35          | +0'005                    | + 16 24 44'7 | - 0'10                    |
| 19       | $\epsilon$ Aurigae     | —            | 2'00                    | 4 53 47'00          | 0'000                     | + 33 05 25'0 | - 0'02                    |
| 20       | $\beta$ Eridani        | Cursa        | 2'02                    | 5 05 26'32          | -0'008                    | - 5 08 53'7  | - 0'08                    |

| Red. br. | Oznaka zvijezde          | Ime zvijezde | Prividna veličina < 3.0 | Deklinacija         | Godišnje vlastito gibanje | Deklinacija  | Godišnje vlastito gibanje |
|----------|--------------------------|--------------|-------------------------|---------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|
| 21       | $\beta$ Orionis          | Rigel        | m 0'34                  | h m s<br>5 12 10'89 | s<br>+0'000               | - 8 15 24'5  | "<br>0'00                 |
| 22       | $\alpha$ Aurigae         | Capella      | 0'21                    | 5 13 03'91          | +0'008                    | + 15 57 41'8 | - 0'02                    |
| 23       | $\gamma$ Orionis         | Bedilatrix   | 1'70                    | 5 22 30'00          | -0'001                    | + 0 18 31'8  | - 0'02                    |
| 24       | $\beta$ Tauri            | Nath         | 1'78                    | 5 33 11'51          | +0'002                    | + 28 34 04'7 | - 0'18                    |
| 25       | $\delta$ Orionis         | Mataka       | 2'48                    | 5 29 30'00          | 0'000                     | - 0 20 01'0  | 0'00                      |
| 26       | $\alpha$ Leporis         | Arneb        | 2'00                    | 5 29 34'06          | 0'000                     | - 17 51 21'5 | 0'00                      |
| 27       | $\epsilon$ Orionis       | —            | 2'89                    | 5 33 02'07          | 0'000                     | - 5 56 23'7  | 0'00                      |
| 28       | $\epsilon$ Orionis       | Alnilam      | 1'75                    | 5 33 43'23          | 0'000                     | - 1 13 53'8  | 0'00                      |
| 29       | $\zeta$ Orionis          | Alnilak      | 2'05                    | 5 38 17'08          | 0'000                     | - 1 58 01'0  | 0'00                      |
| 30       | $\alpha$ Orionis         | Salph        | 2'30                    | 5 45 25'57          | 0'000                     | - 9 41 08'2  | 0'00                      |
| 31       | $\alpha$ Orionis         | Betelgeuze   | 0'1-0'2                 | 5 52 31'07          | +0'002                    | + 7 23 54'7  | + 0'01                    |
| 32       | $\beta$ Aurigae          | Menkalian    | 2'07                    | 5 55 55'89          | -0'005                    | + 44 50 41'0 | 0'00                      |
| 33       | $\theta$ Aurigae         | —            | 2'71                    | 5 56 22'72          | +0'004                    | + 37 12 40'2 | - 0'08                    |
| 34       | $\beta$ Canis Majoris    | Mirzam       | 1'79                    | 6 20 32'44          | 0'000                     | - 17 55 40'1 | 0'00                      |
| 35       | $\gamma$ Geminorum       | Alhena       | 1'03                    | 6 34 52'87          | +0'003                    | + 10 26 34'2 | - 0'01                    |
| 36       | $\alpha$ Canis Majoris   | Sirius       | -1'58                   | 0 42 50'37          | -0'037                    | - 16 38 51'3 | - 1'21                    |
| 37       | $\epsilon$ Canis Majoris | Adhara       | 1'03                    | 6 56 41'90          | 0'000                     | - 28 51 15'1 | 0'00                      |
| 38       | $\delta$ Canis Majoris   | Yezan        | 1'08                    | 7 00 23'88          | 0'000                     | - 26 18 51'0 | 0'00                      |
| 39       | $\gamma$ Canis Majoris   | —            | 2'43                    | 7 22 04'35          | 0'000                     | - 20 12 22'9 | + 0'01                    |
| 40       | $\alpha$ Geminorum       | Castor       | 1'58                    | 7 31 28'50          | -0'014                    | + 31 59 51'5 | - 0'10                    |
| 41       | $\alpha$ Canis Minoris   | Procyon      | 0'45                    | 7 30 44'25          | -0'047                    | + 5 21 07'4  | - 1'08                    |
| 42       | $\beta$ Geminorum        | Pollux       | 1'21                    | 7 42 19'19          | -0'047                    | + 8 09 40'4  | - 0'05                    |
| 43       | $\alpha$ Hydrae          | Alfard       | 2'16                    | 9 25 10'74          | -0'001                    | - 8 26 43'2  | + 0'03                    |
| 44       | $\alpha$ Leonis          | Regulus      | 1'34                    | 10 05 45'85         | -0'017                    | + 12 12 20'9 | 0'00                      |
| 45       | $\gamma$ Leonis          | Algieba      | 2'61                    | 10 17 16'42         | +0'023                    | + 20 05 24'4 | - 0'15                    |





## TUMAČ TABLICAMA O ZVIJezdAMA

1. Prva tablica sadrži popis zvijezda sa latinskim i hrvatskim nazivom, te pokratama: starije sa tri slova, i novije sa četiri slova prema zaključku Internacionalne astronomske unije (IAU) od 1932.

2. U drugoj tablici su najbliže zvijezde do paralakse  $0''200$  t. j. do daljine od 5 parseka. Za bolje razumijevanje pojedinih podataka objasnimo ukratko glavne pojmove:

a) Starija jedinica za udaljenosti zvijezda je godina svjetlosti. To je put, što ga svjetlost pređe u 1 godini. Kako je brzina svjetlosti blizu  $300\,000$  km u sekundi, to u 1 godini svjetlost prevali put od  $365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 300\,000 = 9,46 \cdot 10^{12}$  km, t. j. blizu 10 bilijuna kilometara (uporedi tablicu »Mjere za daljine u astronomiji« u V. dijelu). Ta se jedinica i danas upotrebljava, kad se hoće zorno predočiti neka svemirska udaljenost.

Međutim u astronomiji se danas isključivo upotrebljava novija jedinica za udaljenost zvijezda, nazvana parsek, u pokraj pc. Taj naziv dolazi od riječi »paralaksa« i »sekunda«. 1 parsek je naime udaljenost zvijezde, koja ima paralaksu jednaku  $1''$ . Prema formulama za paralakse izlazi odnos 1 parsek =  $30,84 \cdot 10^{12}$  km = 3,26 god. svjetlosti (okruglo 31 bilijun kilometara). Ako udaljenosti računamo u parsecima, vrijedi sa-

svim jednostavna formula  $d = \frac{1}{\pi''}$ , gdje je  $\pi''$  paralaksa dotičnog nebeskog tijela u kutnim sekundama. Veće su jedinice Kiloparsek (kpc) = 1000 pc, i Megaparsek (Mpc) = 1 000 000 pc, koje su potrebne kod spiralnih maglica (galaksija).

b) U toj se tablici nalaze navedene prividna i apsolutna veličina zvijezda. Jačinu sjaja zvijezda (njenu svjetloću) označavamo riječju »veličina«, te ta riječ ne znači ovdje dakako veličinu u geometrijskom smislu. *Prividna veličina* označava jačinu sjaja zvijezde kako se pričinja našem oku odn. kako djeluje na kakov instrument za mjerenje jačine sjaja (fotometar). Oznaka za prividnu veličinu je  $m$  od latinskog *magnitudo* = veličina, a savremena skala tih veličina prilagođena je najstarijim mjerenjima u starom vijeku. Za takovo određivanje veličina potrebno je, da omjer količina svjetlosti, koje primamo od zvijezda dviju uzastopnih veličina, bude stalan; čovječje oko tada naime osjeća stalnu razliku veličina. Odabrano je, da je jedna zvijezda za jednu veličinu svjetlija od druge, ako od prve primamo 2 i po puta veću količinu svjetlosti nego od druge. Pri tome treba paziti, da je veličina svjetlije zvijezde označena manjim brojem. Što je dakle veći broj  $m$ , kojim označujemo veličinu zvijezde, to nam ona slabije svijetli. Kako ima nebeskih tijela, koja svijetle jače nego prosječno najsjajnije zvijezde, proizveden je niz veličina i preko prve veličine na negativne vrijednosti.

Točnije možemo te odnose izraziti ovako: neka su količine svjetlosti dviju zvijezda  $I_1$  i  $I_2$ , njihove prividne veličine  $m_1$  i  $m_2$ . Ona vrijedi formula  $I_1 : I_2 = 2,512^{(m_2 - m_1)}$ . Konstanta 2,512 odabrana je tako, da joj je dekadski logaritam upravo 0,4 (Pogson 1856). Dakle imamo logaritmi-

ranjem  $\log I_1 - \log I_2 = 0,4 (m_2 - m_1)$  ili obratno:  $m_2 - m_1 = 2,5 \cdot \log \frac{I_1}{I_2}$

*Apsolutna veličina* je veličina zvijezde, u kojoj bi nam se prikazala, kad bi bila u udaljenosti od 10 parseka. Poznato je, da se količine svjetlosti  $I_1$  i  $I_2$  dvaju nebeskih tijela, koja imaju isti stvarni sjaj, a nalaze se u udaljenostima  $r_1$  i  $r_2$ , odnose obratno kao kvadrati udaljenosti, t. j.  $I_1 : I_2 = r_2^2 : r_1^2$ . Ako su im prividne veličine  $m_1$  i  $m_2$ , onda je po Pogsonovoj formuli  $I_1 : I_2 = 2,512^{(m_2 - m_1)}$ . Dakle izlazi:  $r_2^2 : r_1^2 = 2,512^{(m_2 - m_1)}$ . Uzmimo sad zvijezdu prividne veličine  $m$  i udaljenosti  $r$  parseka, t. j. paralakse  $\pi'' = 1/r$ . Ako je zamislimo smještenu u udaljenosti od 10 parseka, ona bi nam se prikazala u apsolutnoj veličini  $M$ . Prema tome slijedi iz gornje formule  $10^2 : r^2 = 2,512^{(M - m)}$  ili logaritmiranjem  $2 - 2 \log r = 0,4(M - m)$ , dakle  $M - m = 5 - 5 \log r$ . No  $\log r = -\log \pi''$ , te ovu formulu za prijelaz od apsolutnih na prividne veličine i obratno možemo pisati i  $M - m = 5 + 5 \log \pi''$ . (Uporedi tablicu u V. dijelu).

c) Dalje je u tablici naveden, i *spektralni tip* zvijezde po Harvard-klasifikaciji sa decimalnom podrazdiobom pojedinih razreda.

Privodna svjetlost, koja nam dolazi od nebeskih tijela, uvijek je smjesa od manje ili više jednostavnih boja. Kao što svakom jednostavnom muzičkom tonu pripada određeni broj titraja, što ih izvor tona izvrši u 1 sekundi (t. zv. frekvencija) — tako i svakoj jednostavnoj boji pripada određeni broj titraja izvora svjetlosti. Samo što tu frekvencije atoma, koji isijavaju svjetlost, iznose bilijune u 1 sekundi. Od kojih je jednostavnih boja svjetlost nebeskog tijela sastavljena, koje su dakle frekvencije titranja atoma u tom tijelu, može se ispitati pomoću *spektra* te svjetlosti.

U spektru neke svjetlosti nanizane su jedna uz drugu boje, od kojih se ta svjetlost sastoji (I. Newton 1666.). Taj niz boja dobijemo, ako staklenom prizmom ili optičkom mrežicom ili kojim drugim načinom odvojimo jednu od druge zrake različite boje, tako da svaka boja napose osvijetli jednu plohu redovno sliku osvijetljene uske pukotine; ta je slika uska pruga — linija. Bijela je svjetlost smjesa svih boja, koje uopće postoje. One se mogu svrstati po glavnim bojama u niz: crvena, narančasta, žuta, zelena, modra, ljubičasta.

Razlikujemo dvije osnovne vrste spektara: emisijski i asorpcijski. Emisijski spektar je svijetli spektar svjetlosti, koji od izvora dolazi neposredno k nama. Te emisijske spektre dijelimo dalje u neprekidni (kontinuirani) spektar i u linijski spektar. U neprekidnom spektru je svijetli niz boja neprekidn, tako da jedna boja prelazi u drugu. Takav je spektar bijele svjetlosti, koja dolazi od usijanog krutog ili tekućeg tijela, odn. plina pod vrlo velikim tlakom. Naprotiv u linijskom spektru imamo niz pojedinih, razno obojenih linija, odvojenih međusobno tamnim prostorom. Linijski spektar dolazi samo od užarenih plinova.

Asorpcijski spektar nastaje, ako svjetlost — koja bi dala neprekidni spektar — prolazi kroz tvar, koja pojedine vrste svjetlosti guta. U svjetlosti nakon prolaza tom tvari onih vrsta svjetlosti, koje su progutane, ili ne će biti ili će biti oslabljene. U spektru takove svjetlosti pojavit će se stoga tamne pruge. Prvih 7 takovih linija u Sunčevu spektru vidio je W. H. Wollaston 1802., a posebno ih je ispitao i klasificirao A. Fraunhofer 1814., te se po njemu i zovu Fraunhoferove linije. Potpuni fotografski atlas Sunčeva spektra, dug 13 m sa 20 000 asorpcijskih linija, dao je H. A. Rowland 1886. Na kraju V. dijela ovdje je dana tablica najvažnijih Fraunhoferovih linija Sunčeva spektra.



Spektralna analiza (Kirchhoff i Bunsen 1859.) temelji se na Kirchhoffovu zakonu: moć izgarivanja nekog tijela za svjetlost određene boje razmjerna je njegovoj moći apsorpcije za istu boju kod iste temperature. — Pri tome se točno mjesto, na kojem stoji neka spektralna linija u spektru, označava ili frekvencijom ili duljinom vala, koji nastaje širenjem svjetlosti te frekvencije. Ako je  $c$  brzina širenja valova,  $\lambda$  duljina vala,  $\nu$  frekvencija, onda vrijedi relacija  $\lambda \cdot \nu = c$ .

Iz Kirchhoffova zakona ponajprije vidimo, da kod određene temperature svakom kemijskom elementu, kad u plinovitom stanju izgaruje svjetlost, pripada za njega karakteristični linijski spektar, po kojem se on može sa sigurnošću razlikovati od drugih kemijskih elemenata. Ako svjetlost izgaruje smjesa plinova, onda spektar sadržava linijske spektre svih elemenata smjese. Stoga je moguće ispitivanjem spektra plinovitog tijela saznati, od kojih se elemenata ono sastoji.

Koje će se pak pruge, apsorpcijske linije, javiti u apsorpcijskom spektru, vidimo opet iz Kirchhoffova zakona: neka tvar guta od svjetlosti, koja kroz nju prolazi, upravo one boje, koje bi ta tvar sama izgarivala. Ako je ta tvar usijani plin, onda će se u apsorpcijskom spektru javiti tamne linije na mjestu, gdje bi taj plin dao svoj svijetli karakteristični emisijski spektar. Prema tome spektralna analiza može iz apsorpcijskih spektara saznati sastav plina, kojim je svjetlost prošla.

Ispitivanje neprekidnog spektra u pogledu jačine (energije), koju ima svjetlost u pojedinim dijelovima spektra, pokazuje da je mjesto najveće energije u spektru to bliže ljubičastom kraju spektra, što je viša temperatura izvora svjetlosti. Kod najniže temperature, kod koje tijelo uopće izgaruje svjetlost oko  $500^{\circ}\text{C}$ . Izgarena svjetlost je crvena jer je razvijen samo crveni kraj spektra. Kod viših temperatura boja postaje žuta, da kod nekih  $1600^{\circ}\text{C}$  pređe u potpuno bijelu svjetlost. Daljnjim porastom temperature ne mijenja se bijela boja, no u spektru sve više ojačava ljubičasti kraj.

Spektar je danâs poznat kod više od 300.000 zvijezda. Kod proučavanja ovih spektara iskače jedna važna činjenica: kod velike većine ispitanih zvijezda, oko 99%, spektar je sličan spektru našeg Sunca. Sastoji se dakle od svijetlog neprekinutog spektra, u kojemu ima mnoštvo tamnih apsorpcijskih linija, one odgovaraju Fraunhoferovim linijama u Sunčevu spektru. Ova nam činjenica dokazuje, da su zvijezde doista tijela nalik na naše Sunce, da je naše Sunce zaista jedna između zvijezda.

Spektari zvijezda pokazuju međutim — naročito kod apsorpcijskih linija — i karakteristične razlike, po kojima se mogu svrstati u pojedine razrede. Prvu spektralnu klasifikaciju dao je A. Secchi 1863. Današnja Harvard-klasifikacija nastala je iz početnih radova E. C. Pickeringa 1890. prigodom izdavanja velikog Henry-Draper-kataloga zvijezda. Sadašnji je oblik dobila u osnovi od Miss Cannon 1901. Niz Harvard-razreda glasi

W, O, B, A, F, G, K, M;

Svaki se razred dijeli dalje decimalno, na pr. B5, G2 i t. d. Ovom nizu prethode još dva osobita tipa: P (svijetli linijski emisijski spektar t. zv. planetarnih maglica) i Q (promjenljivi spektar t. zv. novih zvijezda).

Glavne oznake pojedinih spektralnih tipova su:

- W: Wolf-Rayet-zvijezde; osobito bijele zvijezde sa svijetlim emisijskim linijama na jakom neprekidnom spektru
- O: Bijele zvijezde osobito svijetlog neprekidnog spektra
- B: Helijev tip; bijele zvijezde s izrazitim apsorpcijskim linijama helija. Predstavnik: Rigel, Spica (vidi tablicu najsajnijih zvijezda)
- A: Vodikov tip; bijele zvijezde s izrazitim vodikovim linijama, dok su helijeve nešto slabije. Predstavnik: Sirius, Vega
- F: Kalcijev tip; žute zvijezde sa jačim metalnim linijama, među kojima se naročito ističu kalcijeve linije H i K. Predstavnik: Procyon
- G: Sunčev tip; žute zvijezde jakih metalnih linija (željezo). Predstavnik: Sunce, Capella
- K: Metalni tip; crvenkaste zvijezde sa brojnim metalnim linijama; javljaju se počeci vrpčastih spektara molekula kemijskih spojeva, najvećma titanoksida  $\text{TiO}$ . Predstavnik: Arcturus, Aldabaran.
- M: Titanoksidov tip; ljubičasti kraj spektra znatno je oslabljen jakim nizovima (vrpcama) titanoksida. To daje zvijezdama ovog tipa osobito crvenu boju. Predstavnik: Antares, Betelgeuse.

Ovaj Harvardov niz završavaju osobite a rijetke vrste R, N, S vrlo crvenih zvijezda niske temperature (u razredu N do  $13000^{\circ}\text{C}$ , to su najhladnije zvijezde koje još vidimo), sa jakim vrpčastim molekularnim spektrima cirkonova oksida odn. ugljikovih spojeva.

Niz Harvard-spektralnih tipova razvrstava zvijezde istodobno i prema površinskoj temperaturi, o kojoj ovisi karakter izarene svjetlosti. Na najvišoj su temperaturi zvijezde P, Q, W razreda, na najnižoj M. odn. R, N, S. Sasvim okruglo možemo upamtiti vezu površinskih temperatura i spektralnih razreda po shemi:

| Razred                         | O      | B      | A      | F     | G     | K     | M     |
|--------------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Temperatura $^{\circ}\text{C}$ | 30 000 | 15 000 | 10 000 | 7 000 | 5 500 | 4 000 | 3 000 |

(Sunce ima površinsku temperaturu oko  $6000^{\circ}\text{C}$ ; spada u razred G2). Uz oznaku razreda i decimalnog podrazreda stavljaju se još razne pobježne oznake. U našoj tablici dolaze naprijed  $e$ , što znači osobito jak sjaj; i  $a$  slova oznaka  $e$  znači da u spektru ima svijetlih, emisijskih linija; oznaka  $p$  — upućuje na neku osobitost svojstvenu baš ovome spektru.

Za ostale pojmove u tablici uporedi još slijedeća objašnjenja.

3. Treću tablicu najsajnijih zvijezda mogli bismo dopuniti do 20 sjajnim zvijezdama južnije od  $-30^{\circ}$  južne deklinacije, koje se kod nas ne mogu vidjeti:

|                |          |               | m    |                                 |
|----------------|----------|---------------|------|---------------------------------|
| 1 <sup>a</sup> | Canopus  | $\alpha$ Car  | 0'86 | ( $\delta = -52^{\circ} 40'1$ ) |
| 1 <sup>b</sup> | Toliman  | $\alpha$ Cent | 0'06 | ( $\delta = -60^{\circ} 37'8$ ) |
| 6 <sup>a</sup> | Achernar | $\alpha$ Erid | 0'60 | ( $\delta = -57^{\circ} 29'4$ ) |
| 6 <sup>b</sup> | Agena    | $\beta$ Cent  | 0'86 | ( $\delta = -60^{\circ} 08'0$ ) |
| 8 <sup>a</sup> | Acrux    | $\alpha$ Cruc | 1'05 | ( $\delta = -62^{\circ} 49'3$ ) |

No u toj tablici imamo još podatke o gibanjima zvijezda i njihovim brzinama. Naime ponovljenim točnim određivanjem položaja zvijezda stajalice na nebu pomoću njihovih koordinata utvrđeno je, da zvijezde stajalice i nisu stajalice, nego da se — iako vrlo polako za nas — gibaju

po nebeskom svodu. Iznos, za koliko neka zvijezda promijeni svoj položaj na nebu u jednoj godini, zove se njezino *vlastito gibanje*  $\mu$ . Taj iznos je vrlo sitan, iznosi većinom ispod  $1''$  i određen je za razmjerno malen broj zvijezda. Vlastito gibanje možemo rastaviti u dvije komponente, u vlastito gibanje u rektascenziji ( $\mu_\alpha$ ) i deklinaciji ( $\mu_\delta$ ) (usporedi tablicu »srednja mjesta osnovnih zvijezda«). Vlastito gibanje je okomito na smjer zrake dogleđnice, koja spaja naše stajalište sa zvijezdom. Ako se pak zvijezda giba u smjeru same zrake dogleđnice, to je *radijalno gibanje*. Pri tome se brzina tog gibanja određuje u km po sekundi na temelju *Dopplerova principa* iz pomaka spektralnih linija u spektrima zvijezda.

Mjesto pojedine spektralne linije u spektru određeno je brojem titraja (frekvencijom) ili preko relacije  $\lambda \cdot \nu = c$  duljinom vala te svjetlosti. Pomak tih spektralnih linija radi gibanja zvijezde pokazuje, da je u primljenoj svjetlosti promijenjen broj titraja (odn. duljina vala). Slična se pojava može zapaziti kod zvuka. Stoji li motritelj pokraj pruge, a približava mu se lokomotiva, koja zviždajkom daje znak — čut će motritelj do časa, kada lokomotiva stigne do njega, viši ton nego kod mirne lokomotive. Kad se zatim lokomotiva prošavši kraj njega udaljuje, čuje niži ton. Neka je brzina lokomotive 20 metara po sekundi, te neka je udaljenost lokomotive od motritelja u jednom trenutku upravo 333 m, dakle jednaka putu, što ga zvuk prođe u 1 sekundi. Kad prođe od tog trenutka 1 sekunda, nalazi se lokomotiva od motritelja  $333 - 20 = 313$  m daleko. Broj titraja u sekundi, koji određuje visinu tona zviždajke, neka je 500. Kad bi lokomotiva mirovala relativno prema motritelju, čuo bi on zvuk frekvencije 500. Ako se lokomotiva približava, smanjuje se tokom razmatrane sekunde razmak između lokomotive i motritelja, te svih 500 titraja ne će više trebati čitavu sekundu da stignu do motritelja, jer dok prvi titraj na početku sekunde treba da pređe 333 m, posljednji titraj ima da prevali samo 313 m. Kako motritelj primi svih 500 titraja u vremenu manjem od 1 sekunde, to će u cijeloj sekundi primiti više od 500 titraja, pa će broj primljenih titraja biti povećan u omjeru udaljenosti na početku i kraju sekunde  $333 : 313$ , t. j. ton zviždajke imat će za motritelja broj titraja  $\frac{333}{313} \cdot 500 = 532$ . Kad se lokomotiva udaljuje od motritelja, titraj na kraju jedne sekunde pređe put za 20 m veći nego li titraj na početku te sekunde. Sada će svih 500 titraja biti primljeno u vremenu većem od 1 sekunde, a u 1 sekundi bit će prema tome frekvencija manja od 500, t. j. upravo  $\frac{333}{333 + 20} \cdot 500 = 472$ .

Prema tome povećanje odn. smanjenje frekvencije u slučaju relativnog gibanja izvora zvuka prema motritelju stoji do brzine širenja zvuka  $c$  i relativne brzine izvora zvuka prema motritelju  $v$ . Prema našem primjeru je promijenjeni broj titraja kod približavanja  $n' = \frac{c}{c - v} \cdot n$ , a kod udaljavanja  $n'' = \frac{c}{c + v} \cdot n$ , gdje je  $n$  osnovni broj titraja izvora zvuka. Obratno iz promjene frekvencije možemo naći relativnu brzinu  $v = c \cdot \frac{n' - n}{n'}$  odn.  $v = c \cdot \frac{n - n''}{n''}$ . Da to obuhvatimo jednom

formulom, označavamo brzine kod približavanja sa minus, kod udaljavanja sa plus.

Čitavo ovo zaključivanje vrijedi za svako valovito gibanje, dakle i za svjetlost, samo što tu dolaze bilijuni titraja u 1 sekundi, a i najveće su brzine gibanja zvijezda prema brzini same svjetlosti još vrlo male. Znamo da ljubičastom kraju spektra odgovaraju veće frekvencije (manje duljine vala), crvenom kraju manje frekvencije (veće duljine vala). Dakle pomak spektralne linije prema ljubičastom kraju spektra znači da se izvor svjetlosti nama približava, dok pomak prema crvenom kraju znači, da se od nas udaljuje. Taj pomak linija zove se *Dopplerov efekt*, a mjeri se obično kao promjena duljine vala  $\Delta\lambda$ , pa naša formula daje  $v = -c \cdot \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ . Na ovu je pojavu prvi upozorio Chr. Doppler 1842.,

no ispravno tumačenje i primjenu, kao i eksperimentalnu potvrdu kod zvuka dao je Fizeau 1848. Kod svjetlosti je tu pojavu eksperimentalno utvrdio tek Aristarh Bjelopoljski 1900.

Znamo li konačno još i udaljenost zvijezde od nas, možemo i vlastito gibanje izraziti u km po sekundi, i to zovemo transverzalnom brzinom. Radijalno i transverzalno gibanje su komponente pravog prostornog gibanja zvijezda, naravno mjereno relativno prema našem stajalištu (uzima se prema središtu Sunca).

4. U četvrtj i petoj tablici navedene su zvijezde sa najvećim vlastitim gibanjem i zvijezde sa najvećim radijalnim gibanjem. Osnovno objašnjenje dano je u prošloj točki. Kod vlastitog gibanja naveden je pozicioni kut smjera gibanja, *Pozicioni kut* jest kut, što ga zadani smjer tvori sa krugom deklinacije kroz dotičnu zvijezdu, a računa se uvijek od sjevera preko istoka, juga i zapada od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ .

5. Dalje slijedi tablica 15 najsjaajnijih dvojnih zvijezda. Upotrebom dalekozora brzo je bilo otkriveno, da se mnoge zvijezde, koje su za prosto oko jednostavne, u dalekozoru vide kao dvije, jedna drugoj bliske zvijezde. Utvrđeno je pomnijim mjerenjima, da to u mnogo slučajeva nije slučajno bliz prividni položaj na nebu (t. zv. optičke dvojne zvijezde), nego da su to dvojne ili binarne zvijezde. To su dvije (ili više) zvijezde, koje se gibaju pod utjecajem uzajamnog privlačenja po Newtonovom zakonu gravitacije (W. Herschel 1803.). Dvojne zvijezde, kod kojih se dalekozorom može utvrditi binarni karakter, zovu se vizuelne dvojne zvijezde. Danas ih je poznato oko 20 000. Ophodno vrijeme ili period označuje razmak vremena, u kojem se obje zvijezde — koje zovemo komponentama dvojnog sustava i označavamo sa A B — opet vrate u isti međusobni položaj na nebu. Kod vizuelnih dvojnih zvijezda označava pozicioni kut kut spojnice slabije komponente prema sjajnijoj sa krugom deklinacije kroz sjajniju komponentu. Navodi se za određeni čas godine, t. zv. epochu. Kao prvu vizuelnu dvojniu zvijezdu motrio je Riccioli 1650. Mizar (ε UMa). Dvojne su zvijezde i Capella, Sirius, Procyon, Castor i t. d.

Ima dvojnih zvijezda, kod kojih su komponente jedne drugoj tako blizu, da ih ni u najjačem dalekozoru ne možemo vidjeti rastavljene. Ipak se kod njih može binarni karakter utvrditi spektroskopom po pomicanju



spektralnih linija sa pravilnim periodom, a na temelju Dopplerova principa (uporedi točku 3. ovdje). To su spektroskopske dvojne zvijezde. Takova je na pr. sjajnija komponenta vizualne dvojne zvijezde Mizar A, kojoj je binarni karakter utvrdio spektroskopom E. C. Pickering 1889.

6. Posebnu grupu dvojnih zvijezda čine one, kod kojih se binarni karakter očituje u pravilnim promjenama sjaja, te se zovu i fotometričke dvojne zvijezde. Do promjene sjaja dolazi, ako ravnina staze dvojnog sustava prolazi Zemljom ili vrlo blizu nje. Tu jednom u ophodnom vremenu tamnija komponenta zastire svjetliju (nastupa minimum sjaja). To su eklipsne promjenljive zvijezde, i to upravo tipa Algola ( $\beta$  Pers.) (eklipsa znači pomrčina). Ali ako su obje komponente približno istog sjaja, onda imamo dva maksimuma i dva minimuma sjaja (glavni i sporedni); to je tip  $\beta$  Lyrae. Glavne takove zvijezde navedene su u sedmoj tablici, dok osma tablica daje podatke za sam Algol (prema »Rocznik astronomiczny obserwatorium krakowskiego 1951«), koji se može promatrati i prostim okom.

7. Tablice devete do jedanaeste daju sjajnije predstavnike triju osnovnih vrsta promjenljivih zvijezda, koje uslijed fizikalnih uzroka mijenjaju svoj sjaj. Najgrublje ih možemo podijeliti u *nepravilno promjenljive* i *pravilno promjenljive* zvijezde. Kod ovih posljednjih javljaju se minimumi odn. maksimumi sjaja u približno stalnom vremenskom razmaku, *periodu* promjene sjaja. Njih dijelimo u *kratkoperiodične* i *dugoperiodične*. Kod prvih iznosi period nekoliko dana ili čak svega nekoliko sati, to su t. zv. cefeide (po najpoznatijoj zvijezdi te vrste  $\delta$  Cephei) važne za određivanje velikih udaljenosti u astronomiji. Kod drugih period iznosi nekoliko stotina dana, približno oko jedne godine ili više njih. Najpoznatiji predstavnik ove vrste je »Čudna« u Kitu (Mira Ceti).

8. *Reductio ad locum apparentem*. U popisu srednjih mjesta osnovnih zvijezda do  $-30^\circ$  deklinacije, sjajnijih od 3<sup>m</sup>0 veličine, navedene su ekvatorske koordinate  $\alpha_0$ ,  $\delta_0$  za proljetnu točku u času 1951'0, koji pada 1'4166 poslije ponoći 1. januara 1951. (Nove godine); u tom času počinje za astronome tropska godina. Osim toga navedeno je za svaku od tih osnovnih zvijezda godišnje vlastito gibanje  $\mu_\alpha$  i  $\mu_\delta$  u rektascenziji i deklinaciji.

Da se prijeđe od srednjega mjesta zvijezde, kako je zabilježeno u tom popisu, na prividno (app.) mjesto zvijezde u nekom času, služimo se postupkom, koji se temelji na Besselovim formulama:

$$\alpha_{app} = \alpha_0 + t \cdot \mu_\alpha + f + \frac{1}{15} g \cdot \sin(G + \alpha_0) \cdot \operatorname{tg} \delta + \frac{1}{15} h \cdot \sin(H + \alpha_0) \sec \delta$$

$$\delta_{app} = \delta_0 + t \cdot \mu_\delta + g \cdot \cos(G + \alpha_0) + h \cdot \cos(H + \alpha_0) \sin \delta + i \cdot \cos \delta$$

a zove se: *reductio ad locum apparentem* (svodenje na prividno mjesto). Ovdje  $t$  znači vrijeme proteklo od časa 1951'0, izraženo u dijelovima tropske godine, a  $f, g, h, i, H$  veličine, koje su dane ili same ili svojim logaritmima u tablici: Konstante za redukciju 1951. za svaki deseti dan u mjesecu. Interpolacijom mogu se odade naći vrijednosti tih veličina za koji drugi dan i čas.

*Primjer:* Neka se srednje mjesto zvijezde u Lava (Regulus) sa koordinatama za 1951'0:  $\alpha_0 = 10^h 05^m 45^s 85$ ,  $\delta_0 = +12^\circ 12' 26'' 9$ , pretvori u prividno mjesto za datum 19. II. 1951. 0<sup>h</sup> svjetskog vremena.

$$\begin{array}{lll} G = 19^h 39^m 7 & H = 20^h 10^m 6 & (\text{Interpolacijom!}) \\ \alpha_0 = 10^h 05^m 8 & \alpha_0 = 10^h 05^m 8 & \delta_0 = +12^\circ 12' 4 \\ G + \alpha_0 = 29^h 45^m 5 & H + \alpha_0 = 30^h 16^m 4 & \\ = 86^\circ 22' 5 & = 94^\circ 06' 0 & \end{array}$$

|   |          |  |          |
|---|----------|--|----------|
| $\log \operatorname{tg} \delta$                                     | 9'3351   | $\log \sec \delta$                       | 0'0099   |
| $\log \sin (G + \alpha_0)$  | 9'9991   | $\log \sin (H + \alpha_0)$               | 9'9989   |
| $\log g$  | 1'0090   | $\log h$                                 | 1'2840   |
| $\log g \sin (G + \alpha_0) \operatorname{tg} \delta$               | 0'3432   | $h \sin (H + \alpha_0) \sec \delta$      | 1'2928   |
| $\log \cos (G + \alpha_0)$  | 8'8009   | $\log \sin \delta$                       | 9'3252   |
| $\log g \cos (G + \alpha_0)$  | 9'8099   | $\log \cos (H + \alpha_0)$               | 8'8543 n |
|   |          | $\log h \cos (H + \alpha_0) \sin \delta$ | 9'4635 n |
| $\log i$  | 0'8457 n | $t$                                      | 0'1337   |
| $\log \cos \delta$  | 9'9901   | $\mu_\alpha$                             | -0'017   |
| $\log i \cos \delta$  | 0'8358 n | $\mu_\delta$                             | 0''00    |
| $t \mu''$   | -0'002   | $t \cdot \mu$                            | 0'000    |
| $f$   | +0'661   | $g \cdot \cos (G + \alpha_0)$            | +0'646   |
| $\frac{1}{15} g \cdot \sin (G + \alpha_0) \operatorname{tg} \delta$ | +0'147   | $h \cos (H + \alpha_0) \sin \delta$      | -0'271   |
| $\frac{1}{15} h \cdot \sin (H + \alpha_0) \sec \delta$              | +1'308   | $i \cdot \cos \delta$                    | -6'852   |
| $\alpha_{app} - \alpha_0$   | +2'114   | $\delta_{app} - \delta_0$                | -6'48    |
| $\alpha_{app} = 10^h 05^m 47^s 96$                                  |          | $\delta_{app} = +12^\circ 12' 20'' 4$    |          |

*Napomena:* Ako isporodimo rezultat u ovom primjeru sa podacima velikih astronomskih godišnjaka za prividno mjesto u Leon na datum 1951. feb. 19'0, vidjet ćemo, da je rezultat točan do uključivo posljednje decimale.

V. POMOČNE TABLICE



# NORMALNA REFRAKCIJA

| Visina<br>$v$ | Refrak-<br>cija<br>$R_0$ | $v$   | $R_0$   | $v$   | $R_0$   | $v$   | $R_0$   | $v$   | $R_0$    | $v$   | $R_0$    |
|---------------|--------------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|----------|-------|----------|
| 0 00          | 25 36'0"                 | 5 00  | 6 46'5" | 10 00 | 3 23'9" | 15 00 | 2 14'3" | 20 00 | 1 35'92" | 25 00 | 1 11'51" |
| 10            | 34 18'8"                 | 10    | 6 39'1" | 15    | 3 24'7" | 20    | 2 13'2" | 25    | 1 35'30" | 30    | 1 09'04" |
| 20            | 32 14'2"                 | 20    | 6 31'7" | 25    | 3 22'6" | 30    | 2 12'2" | 35    | 1 34'00" | 40    | 1 00'47" |
| 30            | 30 20'9"                 | 30    | 6 24'6" | 35    | 3 20'4" | 40    | 2 11'2" | 45    | 1 31'00" | 50    | 1 04'37" |
| 40            | 28 37'6"                 | 40    | 6 17'7" | 45    | 3 18'4" | 50    | 2 10'2" | 55    | 1 28'49" | 60    | 1 02'17" |
| 50            | 27 03'3"                 | 50    | 6 11'0" | 55    | 3 16'3" | 60    | 2 09'0" | 65    | 1 27'30" | 70    | 1 00'04" |
| 1 00          | 25 37'0"                 | 9 00  | 6 04'3" | 17 00 | 3 14'3" | 25 00 | 2 08'2" | 33 00 | 1 32'31" | 41 00 | 1 05'09" |
| 10            | 24 17'8"                 | 10    | 5 58'3" | 18    | 3 12'4" | 26    | 2 07'3" | 34    | 1 31'73" | 42 00 | 1 03'47" |
| 20            | 23 05'1"                 | 20    | 5 52'2" | 20    | 3 10'5" | 27    | 2 06'4" | 35    | 1 30'58" | 43 00 | 1 02'25" |
| 30            | 21 58'2"                 | 30    | 5 46'3" | 30    | 3 08'6" | 28    | 2 05'4" | 36    | 1 29'01" | 44 00 | 1 01'03" |
| 40            | 20 56'4"                 | 40    | 5 40'6" | 40    | 3 06'7" | 29    | 2 04'5" | 37    | 1 27'45" | 45 00 | 1 00'00" |
| 50            | 19 59'4"                 | 50    | 5 35'1" | 50    | 3 04'9" | 30    | 2 03'6" | 38    | 1 26'30" | 46 00 | 0 58'58" |
| 2 00          | 19 06'6"                 | 10 00 | 5 29'8" | 18 00 | 3 03'1" | 20 00 | 2 02'7" | 34 00 | 1 25'20" | 47 00 | 0 57'46" |
| 10            | 18 17'6"                 | 10    | 5 24'0" | 19    | 3 01'3" | 21    | 2 01'8" | 35    | 1 24'14" | 48 00 | 0 56'34" |
| 20            | 17 32'1"                 | 20    | 5 19'6" | 20    | 2 59'6" | 22    | 2 00'8" | 36    | 1 23'06" | 49 00 | 0 55'22" |
| 30            | 16 49'7"                 | 30    | 5 14'7" | 30    | 2 57'9" | 23    | 2 00'0" | 37    | 1 22'00" | 50 00 | 0 54'10" |
| 40            | 16 10'2"                 | 40    | 5 09'0" | 40    | 2 56'2" | 24    | 1 59'2" | 38    | 1 20'54" | 51 00 | 0 53'00" |
| 50            | 15 33'3"                 | 50    | 5 05'3" | 50    | 2 54'0" | 25    | 1 58'3" | 39    | 1 19'48" | 52 00 | 0 51'50" |
| 3 00          | 14 58'8"                 | 11 00 | 5 00'8" | 10 00 | 2 53'0" | 27 00 | 1 57'5" | 35 00 | 1 18'42" | 53 00 | 0 50'40" |
| 10            | 14 29'5"                 | 10    | 4 56'4" | 11    | 2 51'4" | 28    | 1 56'6" | 36    | 1 17'36" | 54 00 | 0 49'30" |
| 20            | 13 56'2"                 | 20    | 4 52'2" | 20    | 2 49'8" | 29    | 1 55'5" | 37    | 1 16'30" | 55 00 | 0 48'20" |
| 30            | 13 27'7"                 | 30    | 4 48'1" | 30    | 2 48'3" | 30    | 1 54'2" | 38    | 1 15'24" | 56 00 | 0 47'10" |
| 40            | 13 00'9"                 | 40    | 4 44'0" | 40    | 2 46'8" | 31    | 1 53'4" | 39    | 1 14'18" | 57 00 | 0 46'00" |
| 50            | 12 35'8"                 | 50    | 4 40'1" | 50    | 2 45'2" | 32    | 1 52'6" | 40    | 1 13'12" | 58 00 | 0 44'50" |
| 4 00          | 12 11'8"                 | 12 00 | 4 36'3" | 20 00 | 2 43'8" | 25 00 | 1 51'8" | 36 00 | 1 12'06" | 59 00 | 0 43'40" |
| 10            | 11 49'3"                 | 10    | 4 32'6" | 10    | 2 42'3" | 26    | 1 51'0" | 37    | 1 11'00" | 60 00 | 0 42'30" |
| 20            | 11 28'1"                 | 20    | 4 28'9" | 20    | 2 40'0" | 27    | 1 50'3" | 38    | 1 10'00" | 61 00 | 0 41'20" |
| 30            | 11 08'0"                 | 30    | 4 25'4" | 30    | 2 38'5" | 28    | 1 49'5" | 39    | 1 09'00" | 62 00 | 0 40'10" |
| 40            | 10 48'9"                 | 40    | 4 21'9" | 40    | 2 38'1" | 29    | 1 48'8" | 40    | 1 08'00" | 63 00 | 0 39'00" |
| 50            | 10 30'7"                 | 50    | 4 18'5" | 50    | 2 36'8" | 30    | 1 48'0" | 41    | 1 07'00" | 64 00 | 0 37'50" |
| 5 00          | 10 13'5"                 | 13 00 | 4 15'2" | 21 00 | 2 35'4" | 29 00 | 1 47'3" | 39 00 | 1 06'00" | 65 00 | 0 36'40" |
| 10            | 9 57'2"                  | 10    | 4 12'0" | 10    | 2 34'1" | 30    | 1 46'6" | 40    | 1 05'00" | 66 00 | 0 35'30" |
| 20            | 9 41'6"                  | 20    | 4 08'9" | 20    | 2 32'8" | 31    | 1 45'9" | 41    | 1 04'00" | 67 00 | 0 34'20" |
| 30            | 9 26'7"                  | 30    | 4 05'8" | 30    | 2 31'5" | 32    | 1 45'2" | 42    | 1 03'00" | 68 00 | 0 33'10" |
| 40            | 9 12'5"                  | 40    | 4 02'8" | 40    | 2 30'2" | 33    | 1 44'5" | 43    | 1 02'00" | 69 00 | 0 32'00" |
| 50            | 8 59'0"                  | 50    | 3 59'8" | 50    | 2 29'0" | 34    | 1 43'8" | 44    | 1 01'00" | 70 00 | 0 30'50" |
| 6 00          | 8 46'1"                  | 14 00 | 3 57'0" | 22 00 | 2 27'8" | 30 00 | 1 43'1" | 40 00 | 1 00'00" | 71 00 | 0 29'40" |
| 10            | 8 33'8"                  | 10    | 3 54'2" | 10    | 2 26'6" | 31    | 1 42'4" | 41    | 0 59'00" | 72 00 | 0 28'30" |
| 20            | 8 21'9"                  | 20    | 3 51'4" | 20    | 2 25'4" | 32    | 1 41'7" | 42    | 0 58'00" | 73 00 | 0 27'20" |
| 30            | 8 10'6"                  | 30    | 3 48'7" | 30    | 2 24'2" | 33    | 1 41'0" | 43    | 0 57'00" | 74 00 | 0 26'10" |
| 40            | 7 59'7"                  | 40    | 3 46'1" | 40    | 2 23'0" | 34    | 1 40'6" | 44    | 0 56'00" | 75 00 | 0 25'00" |
| 50            | 7 49'3"                  | 50    | 3 43'5" | 50    | 2 21'8" | 35    | 1 39'7" | 45    | 0 55'00" | 76 00 | 0 23'50" |
| 7 00          | 7 39'3"                  | 15 00 | 3 41'0" | 23 00 | 2 20'7" | 31 00 | 1 39'1" | 41 00 | 0 54'00" | 77 00 | 0 22'40" |
| 10            | 7 29'7"                  | 10    | 3 38'5" | 10    | 2 19'6" | 32    | 1 38'4" | 42    | 0 53'00" | 78 00 | 0 21'30" |
| 20            | 7 20'4"                  | 20    | 3 36'1" | 20    | 2 18'5" | 33    | 1 37'8" | 43    | 0 52'00" | 79 00 | 0 20'20" |
| 30            | 7 11'5"                  | 30    | 3 33'7" | 30    | 2 17'4" | 34    | 1 37'2" | 44    | 0 51'00" | 80 00 | 0 19'10" |
| 40            | 7 03'0"                  | 40    | 3 31'4" | 40    | 2 16'4" | 35    | 1 36'5" | 45    | 0 50'00" | 81 00 | 0 18'00" |
| 50            | 6 54'7"                  | 50    | 3 29'1" | 50    | 2 15'3" | 36    | 1 35'9" | 46    | 0 49'00" | 82 00 | 0 16'50" |

# KOREKCIJA NORMALNIH REFRAKCIJA

| $t^{\circ}\text{C}$ | A       | $t^{\circ}\text{C}$ | A       | $p$ mm Hg | B       | $p$ mm Hg | B       |
|---------------------|---------|---------------------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| -30°                | + 0'129 | + 12°               | - 0'044 | 535       | - 0'206 | 600       | - 0'132 |
| -28                 | 0'120   | 11                  | 0'051   | 540       | 0'200   | 605       | 0'125   |
| -26                 | 0'110   | 10                  | 0'058   | 545       | 0'283   | 610       | 0'118   |
| -24                 | 0'101   | 18                  | 0'065   | 550       | 0'278   | 615       | 0'112   |
| -22                 | 0'092   | 20                  | 0'071   | 555       | 0'270   | 620       | 0'105   |
| -20                 | + 0'083 | + 22°               | 0'078   | 560       | 0'263   | 625       | 0'099   |
| -18                 | 0'074   | 24                  | 0'084   | 565       | 0'257   | 630       | 0'092   |
| -16                 | 0'065   | 26                  | 0'091   | 570       | 0'250   | 635       | 0'086   |
| -14                 | 0'056   | 28                  | 0'097   | 575       | 0'244   | 640       | 0'080   |
| -12                 | 0'048   | 30                  | 0'104   | 580       | 0'237   | 700       | - 0'079 |
| -10                 | + 0'040 | + 32°               | 0'110   | 585       | 0'230   | 705       | 0'072   |
| -8                  | 0'032   | 34                  | 0'116   | 590       | 0'224   | 710       | 0'066   |
| -6                  | 0'024   | 36                  | 0'122   | 595       | 0'217   | 715       | 0'060   |
| -4                  | 0'016   | 38                  | 0'128   | 600       | - 0'210 | 720       | 0'053   |
| -2                  | - 0'008 | 40                  | 0'131   | 605       | 0'204   | 725       | 0'046   |
| 0                   | 0'000   | + 42°               | - 0'139 | 610       | 0'197   | 730       | 0'040   |
| + 2                 | - 0'008 | 44                  | 0'145   | 615       | 0'191   | 735       | 0'033   |
| + 4                 | 0'015   | 46                  | 0'151   | 620       | 0'184   | 740       | 0'026   |
| + 6                 | 0'022   | 48                  | 0'156   | 625       | 0'178   | 745       | 0'020   |
| + 8                 | 0'030   | + 50°               | - 0'162 | 630       | 0'171   | 750       | 0'013   |
| + 10                | - 0'037 | 50                  | 0'168   | 635       | 0'164   | 755       | - 0'007 |
|                     |         |                     |         |           | 0'158   | 760       | 0'000   |
|                     |         |                     |         |           | 0'151   | 765       | + 0'007 |
|                     |         |                     |         |           | 0'145   | 770       | 0'013   |
|                     |         |                     |         |           | 0'138   | 775       | 0'020   |
|                     |         |                     |         |           |         | 780       | + 0'026 |

Zrake svjetlosti, koje dolaze od nebeskoga tijela, mijenjaju kod prolaza atmosferom svoj smjer tako, da se nebeskom tijelu uveća visina (dakle umanjuje zenitna daljina); visina se povećava, jer zrake svjetlosti dolaze u sve gušću atmosferu. Razlika među visinom  $v$ , kakova se dobiva mjerenjem, i visinom, kakova bi bila da nema atmosfere, zove se *refrakcija*. Da se izmjerene visine isprave radi refrakcije, služe gornje tablice. Kako refrakcija dolazi uslijed (promjenljive) gustoće atmosfere, ona zavisi osim o visini uglavnom još o temperaturi uzduha i barometarskom tlaku. Radi toga traži se najprije s izmjerenom visinom  $v$  kao argumentom  $t$ , zv. normalna refrakcija  $R_0$ , koja odgovara temperaturi  $0^{\circ}\text{C}$  i barometarskom tlaku 760 mm Hg. Tu refrakciju nalazimo u našoj prvoj tablici. Ako u času motrenja imamo temperaturu  $t^{\circ}\text{C}$  i barometarski tlak  $p$  mm Hg, onda moramo normalnoj refrakciji algebarski dodati korekcije  $R_1 \cdot A$  (za određenu temperaturu  $t$ ), te imamo  $R_1 = R_0 + R_0 \cdot A$  i  $R_1 \cdot B$  (za određeni tlak  $p$ ). Dakle je tražena refrakcija  $R = R_1 + R_1 \cdot B = (R_0 + R_0 A) + (R_0 + R_0 A) \cdot B$ .  
*Primjer:* Izmjerena visina je  $v = 52^{\circ}34'12'' = 52^{\circ}57'$ , uz  $t = +15^{\circ}\text{C}$ ,  $p = 710$  mm Hg. Najprije nalazimo:  $v = 52^{\circ}$ ,  $R_0 = 46''92$ ;  $v = 53^{\circ}$ ,  $R_0 = 45''26$ ; odavle interpolacijom za naš  $v = 52^{\circ}57'$ ,  $R_0 = 45''97$ . Dalje za  $t = +15^{\circ}\text{C}$  interpolacijom  $A = -0'054$ . Korekcija radi temperature je  $R_0 A = 45''97 \times (-0'054) = -2''48$ , dakle  $R_1 = 45''97 - 2''48 = 43''49$ . Najzad za  $p = 710$  mm Hg vadimo  $B = -0'066$ . Korekcija radi tlaka je  $R_1 B = 43''49 \times (-0'066) = -2''87$ , a konačna refrakcija u času motrenja  $R = 43''49 - 2''87 = 40''62$ . Dakle je visina, korigirana radi refrakcije:  $52^{\circ}34'12'' - 40''6 = 52^{\circ}33'31''$ .

Napomena: Konstanta refrakcije u našim tablicama je  $60''154$ .

# PRECESIJA U DEKLINACIJI

| $\alpha$ | 0 <sup>m</sup> | 10 <sup>m</sup> | 20 <sup>m</sup> | 30 <sup>m</sup> | 40 <sup>m</sup> | 50 <sup>m</sup> | 60 <sup>m</sup> | $\alpha$ |
|----------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|
| h        | 0              | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | h        |
| 0        | + 20'0         | + 20'0          | + 20'0          | + 19'9          | + 19'7          | + 19'6          | + 19'4          | 0        |
| 1        | 19'4           | 19'1            | 18'8            | 18'5            | 18'2            | 17'8            | 17'4            | 1        |
| 2        | 17'4           | 16'9            | 16'4            | 15'9            | 15'4            | 14'8            | 14'2            | 2        |
| 3        | 14'2           | 13'5            | 12'9            | 12'2            | 11'5            | 10'8            | 10'0            | 3        |
| 4        | 10'0           | 9'8             | 8'5             | 7'7             | 6'9             | 6'0             | + 5'2           | 4        |
| 5        | + 5'2          | + 4'3           | + 3'5           | + 2'6           | + 1'7           | + 0'9           | 0'0             | 5        |
| 6        | 0'0            | - 0'9           | - 1'7           | - 2'6           | - 3'5           | - 4'3           | - 5'2           | 6        |
| 7        | - 5'2          | 6'0             | 6'9             | 7'7             | 8'5             | 9'3             | 10'0            | 7        |
| 8        | 10'0           | 10'8            | 11'5            | 12'2            | 12'9            | 13'5            | 14'2            | 8        |
| 9        | 14'2           | 14'8            | 15'4            | 15'9            | 16'4            | 16'9            | 17'4            | 9        |
| 10       | - 17'4         | - 17'8          | - 18'2          | 18'5            | - 18'8          | - 19'1          | - 19'4          | 10       |
| 11       | 19'4           | 19'6            | 19'7            | 19'9            | 20'0            | 20'0            | 20'0            | 11       |
| 12       | 20'0           | 20'0            | 20'0            | 19'9            | 19'7            | 19'6            | 19'4            | 12       |
| 13       | 19'4           | 19'1            | 18'8            | 18'5            | 18'2            | 17'8            | 17'4            | 13       |
| 14       | 17'4           | 16'9            | 16'4            | 15'9            | 15'4            | 14'8            | 14'2            | 14       |
| 15       | - 14'2         | - 13'5          | - 12'9          | 12'2            | 11'5            | - 10'8          | - 10'0          | 15       |
| 16       | 10'0           | 9'8             | 8'5             | 7'7             | 6'9             | 6'0             | - 5'2           | 16       |
| 17       | - 5'2          | - 4'3           | - 3'5           | - 2'6           | - 1'7           | - 0'9           | 0'0             | 17       |
| 18       | 0'0            | + 0'9           | + 1'7           | + 2'6           | + 3'5           | + 4'3           | + 5'2           | 18       |
| 19       | + 5'2          | 6'0             | 6'9             | 7'7             | 8'5             | 9'3             | 10'0            | 19       |
| 20       | + 10'0         | + 10'8          | + 11'5          | + 12'2          | + 12'9          | + 13'5          | + 14'2          | 20       |
| 21       | 14'2           | 14'8            | 15'4            | 15'9            | 16'4            | 16'9            | 17'4            | 21       |
| 22       | 17'4           | 17'8            | 18'2            | 18'5            | 18'8            | 19'1            | 19'4            | 22       |
| 23       | + 19'4         | + 19'0          | + 19'7          | + 19'9          | + 20'0          | + 20'0          | + 20'0          | 23       |
| 24       | + 20'0         |                 |                 |                 |                 |                 |                 | 24       |

# PRECESIJA U REKTASCENZIJ

| $\delta$ | -30° | -20° | -10° | 0°   | +10° | +20° | +30° | +40° | +50° | +60° | $\delta$ |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| h        | s    | s    | s    | s    | s    | s    | s    | s    | s    | s    | h        |
| 0        | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 0        |
| 1        | 2'87 | 2'95 | 3'01 | 3'07 | 3'13 | 3'20 | 3'27 | 3'36 | 3'48 | 3'67 | 1        |
| 2        | 2'69 | 2'83 | 2'95 | 3'07 | 3'19 | 3'32 | 3'46 | 3'63 | 3'87 | 4'23 | 2        |
| 3        | 2'53 | 2'73 | 2'91 | 3'07 | 3'24 | 3'42 | 3'62 | 3'87 | 4'20 | 4'71 | 3        |
| 4        | 2'40 | 2'65 | 2'87 | 3'07 | 3'28 | 3'49 | 3'71 | 4'04 | 4'45 | 5'08 | 4        |
| 5        | 2'33 | 2'60 | 2'84 | 3'07 | 3'30 | 3'54 | 3'82 | 4'16 | 4'61 | 5'31 | 5        |
| 6        | 2'30 | 2'59 | 2'84 | 3'07 | 3'41 | 3'56 | 3'84 | 4'19 | 4'67 | 5'39 | 6        |
| 7        | 2'33 | 2'60 | 2'84 | 3'07 | 3'30 | 3'54 | 3'82 | 4'16 | 4'61 | 5'31 | 7        |
| 8        | 2'40 | 2'65 | 2'87 | 3'07 | 3'28 | 3'49 | 3'71 | 4'04 | 4'45 | 5'08 | 8        |
| 9        | 2'53 | 2'73 | 2'91 | 3'07 | 3'24 | 3'42 | 3'62 | 3'87 | 4'20 | 4'71 | 9        |
| 10       | 2'69 | 2'83 | 2'95 | 3'07 | 3'19 | 3'32 | 3'46 | 3'63 | 3'87 | 4'23 | 10       |
| 11       | 2'87 | 2'95 | 3'01 | 3'07 | 3'13 | 3'20 | 3'27 | 3'36 | 3'48 | 3'67 | 11       |
| 12       | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 12       |
| 13       | 3'27 | 3'20 | 3'13 | 3'07 | 3'01 | 2'95 | 2'87 | 2'78 | 2'66 | 2'47 | 13       |
| 14       | 3'46 | 3'32 | 3'19 | 3'07 | 2'95 | 2'83 | 2'69 | 2'51 | 2'28 | 1'91 | 14       |
| 15       | 3'62 | 3'42 | 3'24 | 3'07 | 2'91 | 2'73 | 2'53 | 2'28 | 1'95 | 1'44 | 15       |
| 16       | 3'74 | 3'49 | 3'28 | 3'07 | 2'87 | 2'65 | 2'40 | 2'10 | 1'69 | 1'07 | 16       |
| 17       | 3'82 | 3'54 | 3'30 | 3'07 | 2'84 | 2'60 | 2'33 | 1'99 | 1'53 | 0'84 | 17       |
| 18       | 3'84 | 3'56 | 3'31 | 3'07 | 2'84 | 2'59 | 2'30 | 1'95 | 1'48 | 0'76 | 18       |
| 19       | 3'82 | 3'54 | 3'30 | 3'07 | 2'84 | 2'60 | 2'33 | 1'99 | 1'53 | 0'81 | 19       |
| 20       | 3'74 | 3'49 | 3'28 | 3'07 | 2'87 | 2'65 | 2'40 | 2'10 | 1'69 | 1'07 | 20       |
| 21       | 3'62 | 3'42 | 3'24 | 3'07 | 2'91 | 2'73 | 2'53 | 2'28 | 1'95 | 1'44 | 21       |
| 22       | 3'46 | 3'32 | 3'19 | 3'07 | 2'95 | 2'83 | 2'69 | 2'51 | 2'28 | 1'91 | 22       |
| 23       | 3'27 | 3'20 | 3'13 | 3'07 | 3'01 | 2'95 | 2'87 | 2'78 | 2'66 | 2'47 | 23       |
| 24       | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 3'07 | 24       |



| TRAJANJE GRAĐANSKOG SUMRAKA |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Mjesec                      | Jan. | Feb. | Mar. | Apr. | Maj  | Jun. | Jul. | Aug. | Sep. | Okt. | Nov. | Dec. |
| φ                           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 41                          | m 32 | m 30 | m 29 | m 30 | m 34 | m 35 | m 34 | m 31 | m 29 | m 29 | m 32 | m 33 |
| 42                          | 33   | 31   | 30   | 31   | 34   | 36   | 35   | 32   | 30   | 30   | 32   | 33   |
| 43                          | 33   | 31   | 30   | 31   | 35   | 37   | 36   | 32   | 30   | 30   | 33   | 34   |
| 44                          | 34   | 32   | 31   | 32   | 35   | 38   | 37   | 33   | 31   | 31   | 33   | 35   |
| 45                          | 35   | 32   | 31   | 33   | 36   | 39   | 38   | 34   | 32   | 32   | 34   | 35   |
| 46                          | 35   | 33   | 32   | 33   | 37   | 40   | 38   | 35   | 33   | 33   | 34   | 36   |
| 47                          | 36   | 34   | 32   | 34   | 38   | 41   | 39   | 36   | 33   | 34   | 35   | 37   |

| TRAJANJE ASTRONOMSKOG SUMRAKA |          |          |          |          |          |          |          |  |  |  |  |  |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|--|--|--|
| Datum                         | 41°      | 42°      | 43°      | 44°      | 45°      | 46°      | 47°      |  |  |  |  |  |
| Jan.                          | 1 h m 41 | 1 h m 43 | 1 h m 45 | 1 h m 47 | 1 h m 48 | 1 h m 51 | 1 h m 53 |  |  |  |  |  |
| 16                            | 1 39     | 1 41     | 1 42     | 1 44     | 1 46     | 1 48     | 1 51     |  |  |  |  |  |
| 31                            | 1 36     | 1 38     | 1 39     | 1 41     | 1 43     | 1 45     | 1 47     |  |  |  |  |  |
| Feb.                          | 15       | 1 34     | 1 35     | 1 37     | 1 38     | 1 40     | 1 44     |  |  |  |  |  |
| Mar.                          | 2        | 1 33     | 1 34     | 1 36     | 1 37     | 1 39     | 1 43     |  |  |  |  |  |
| 17                            | 1 34     | 1 35     | 1 37     | 1 38     | 1 40     | 1 42     | 1 44     |  |  |  |  |  |
| Apr.                          | 1        | 1 36     | 1 38     | 1 39     | 1 41     | 1 43     | 1 48     |  |  |  |  |  |
| 16                            | 1 41     | 1 43     | 1 45     | 1 47     | 1 49     | 1 52     | 1 55     |  |  |  |  |  |
| Maj                           | 1        | 1 48     | 1 51     | 1 54     | 1 56     | 2 03     | 2 08     |  |  |  |  |  |
| 16                            | 1 57     | 2 00     | 2 04     | 2 07     | 2 11     | 2 18     | 2 25     |  |  |  |  |  |
| 31                            | 2 05     | 2 10     | 2 15     | 2 20     | 2 25     | 2 31     | 2 38     |  |  |  |  |  |
| Jun.                          | 15       | 2 11     | 2 17     | 2 23     | 2 29     | 2 35     | 2 53     |  |  |  |  |  |
| 30                            | 2 16     | 2 18     | 2 22     | 2 28     | 2 34     | 2 42     | 2 53     |  |  |  |  |  |
| Jul.                          | 15       | 2 04     | 2 09     | 2 13     | 2 18     | 2 23     | 2 48     |  |  |  |  |  |
| 30                            | 1 55     | 1 58     | 2 02     | 2 05     | 2 09     | 2 15     | 2 23     |  |  |  |  |  |
| Aug.                          | 14       | 1 47     | 1 49     | 1 52     | 1 54     | 1 57     | 2 05     |  |  |  |  |  |
| 29                            | 1 40     | 1 42     | 1 45     | 1 47     | 1 49     | 1 52     | 1 55     |  |  |  |  |  |
| Sep.                          | 13       | 1 36     | 1 38     | 1 39     | 1 41     | 1 43     | 1 48     |  |  |  |  |  |
| 28                            | 1 34     | 1 35     | 1 37     | 1 38     | 1 40     | 1 42     | 1 44     |  |  |  |  |  |
| Okt.                          | 13       | 1 33     | 1 34     | 1 36     | 1 37     | 1 39     | 1 43     |  |  |  |  |  |
| 28                            | 1 34     | 1 36     | 1 37     | 1 39     | 1 40     | 1 42     | 1 44     |  |  |  |  |  |
| Nov.                          | 12       | 1 37     | 1 38     | 1 40     | 1 41     | 1 43     | 1 47     |  |  |  |  |  |
| 27                            | 1 39     | 1 41     | 1 42     | 1 44     | 1 46     | 1 48     | 1 51     |  |  |  |  |  |
| Dec.                          | 12       | 1 41     | 1 43     | 1 44     | 1 46     | 1 48     | 1 53     |  |  |  |  |  |
| 27                            | 1 41     | 1 43     | 1 45     | 1 47     | 1 49     | 1 51     | 1 54     |  |  |  |  |  |

| POLUDNEVNI LUK |          |          |          |          |          |          |          |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| φ              | 41°      | 42°      | 43°      | 44°      | 45°      | 46°      | 47°      |
| δ              |          |          |          |          |          |          |          |
| 0              | h m 8 05 | h m 8 09 | h m 8 15 | h m 8 20 | h m 8 26 | h m 8 32 | h m 8 38 |
| 10             | 7 54     | 7 58     | 8 03     | 8 08     | 8 13     | 8 18     | 8 24     |
| 20             | 7 44     | 7 48     | 7 52     | 7 56     | 8 01     | 8 06     | 8 11     |
| 30             | 7 35     | 7 38     | 7 42     | 7 46     | 7 50     | 7 54     | 7 58     |
| 40             | 7 28     | 7 30     | 7 32     | 7 36     | 7 39     | 7 43     | 7 47     |
| 50             | 7 17     | 7 20     | 7 23     | 7 26     | 7 29     | 7 32     | 7 36     |
| 60             | 7 09     | 7 11     | 7 14     | 7 17     | 7 19     | 7 22     | 7 25     |
| 70             | 7 01     | 7 03     | 7 05     | 7 08     | 7 10     | 7 13     | 7 15     |
| 80             | 6 53     | 6 55     | 6 57     | 6 59     | 7 01     | 7 03     | 7 06     |
| 90             | 6 46     | 6 47     | 6 49     | 6 51     | 6 53     | 6 54     | 6 56     |
| 100            | 6 38     | 6 40     | 6 41     | 6 42     | 6 44     | 6 46     | 6 47     |
| 110            | 6 31     | 6 32     | 6 33     | 6 34     | 6 36     | 6 37     | 6 38     |
| 120            | 6 24     | 6 25     | 6 26     | 6 27     | 6 27     | 6 28     | 6 29     |
| 130            | 6 17     | 6 18     | 6 18     | 6 19     | 6 19     | 6 20     | 6 21     |
| 140            | 6 10     | 6 10     | 6 11     | 6 11     | 6 11     | 6 12     | 6 12     |
| 150            | 6 03     | 6 03     | 6 03     | 6 03     | 6 03     | 6 03     | 6 03     |
| 160            | 5 56     | 5 56     | 5 56     | 5 55     | 5 55     | 5 55     | 5 55     |
| 170            | 5 49     | 5 49     | 5 48     | 5 48     | 5 47     | 5 47     | 5 46     |
| 180            | 5 42     | 5 41     | 5 41     | 5 40     | 5 39     | 5 38     | 5 37     |
| 190            | 5 35     | 5 34     | 5 33     | 5 32     | 5 31     | 5 30     | 5 29     |
| 200            | 5 28     | 5 27     | 5 25     | 5 24     | 5 23     | 5 21     | 5 20     |
| 210            | 5 21     | 5 19     | 5 18     | 5 16     | 5 14     | 5 13     | 5 11     |
| 220            | 5 13     | 5 11     | 5 10     | 5 08     | 5 06     | 5 04     | 5 02     |
| 230            | 5 05     | 5 03     | 5 01     | 4 59     | 4 57     | 4 55     | 4 52     |
| 240            | 4 58     | 4 55     | 4 53     | 4 50     | 4 48     | 4 45     | 4 42     |
| 250            | 4 50     | 4 47     | 4 44     | 4 41     | 4 38     | 4 35     | 4 32     |
| 260            | 4 41     | 4 38     | 4 35     | 4 32     | 4 28     | 4 25     | 4 21     |
| 270            | 4 32     | 4 29     | 4 25     | 4 22     | 4 18     | 4 14     | 4 10     |
| 280            | 4 23     | 4 20     | 4 16     | 4 12     | 4 07     | 4 03     | 3 58     |
| 290            | 4 14     | 4 10     | 4 05     | 4 01     | 3 56     | 3 51     | 3 45     |

Pomoću ove tablice može se na nekoliko minuta točno izračunati izlaz i zalaz svakog planeta u svakom mjestu naše države.

Primjer:

Neka se nađe vrijeme izlaza i zalaza planeta Jupitera 6. X. 1951. u Zagrebu ( $\varphi \approx 46^\circ$ ): Jupiter tog dana kulminira u Greenwichu u 23<sup>h</sup> 35<sup>m</sup>, dakle u Zagrebu 1<sup>h</sup> 4<sup>m</sup> ranije, t. j. u 22<sup>h</sup> 31<sup>m</sup>; deklinacija mu je  $+2^\circ$  (prema efemeridama). Iz tablice izlazi, da je polovina dnevnog luka za nebesko tijelo te deklinacije na geografskoj širini  $46^\circ$  jednaka 6<sup>h</sup> 12<sup>m</sup>. Oduzmemo li od 22<sup>h</sup> 31<sup>m</sup> polovinu dnevnog luka, dakle 6<sup>h</sup> 12<sup>m</sup>, dobit ćemo 16<sup>h</sup> 19<sup>m</sup> kao vrijeme izlaza Jupitera u Zagrebu; dodavanjem tog vremena dobit ćemo 28<sup>h</sup> 43<sup>m</sup>, a to je 4<sup>h</sup> 43<sup>m</sup> 7. X. 1951. kao vrijeme zalaza Jupitera u Zagrebu. Prema tome u Zagrebu izlazi Jupiter 6. X. 1951. oko 16<sup>h</sup> 19<sup>m</sup>, a zalazi 7. X. 1951. oko 4<sup>h</sup> 43<sup>m</sup> u jutro.

# PRETVARANJE ZVJEZDANOG VREMENA U SREDNJE VRIJEME

| Sati             |   | Minute           |   |                  |   | Sekunde          |   |                  |   |
|------------------|---|------------------|---|------------------|---|------------------|---|------------------|---|
| Zvezdano vrijeme | Ekvi-<br>valentni<br>interval<br>srednjega<br>vremena | Zvezdano vrijeme | Ekvi-<br>valentni<br>interval<br>srednjega<br>vremena | Zvezdano vrijeme | Ekvi-<br>valentni<br>interval<br>srednjega<br>vremena | Zvezdano vrijeme | Ekvi-<br>valentni<br>interval<br>srednjega<br>vremena | Zvezdano vrijeme | Ekvi-<br>valentni<br>interval<br>srednjega<br>vremena |
| 1                | h m s   | m                | m s   | m                | m s   | s                | s   | s                | s   |
| 1                | 0 59 50.170   | 1                | 0 59 50.30  | 31               | 30 54 22.1  | 1                | 0 59.7  | 31               | 30 54.215   |
| 2                | 1 58 40.941   | 2                | 1 58 41.072   | 32               | 31 54 17.3  | 2                | 1 59.6  | 32               | 31 54.163   |
| 3                | 2 58 30.511   | 3                | 2 58 30.642   | 33               | 32 54 12.5  | 3                | 2 59.5  | 33               | 32 54.110   |
| 4                | 3 58 20.682   | 4                | 3 58 20.813   | 34               | 33 54 07.7  | 4                | 3 59.4  | 34               | 33 54.057   |
| 5                | 4 58 10.852   | 5                | 4 58 10.983   | 35               | 34 54 02.9  | 5                | 4 59.3  | 35               | 34 54.004   |
| 6                | 5 58 01.023   | 6                | 5 58 01.154   | 36               | 35 54 02.1  | 6                | 5 59.2  | 36               | 35 54.002   |
| 7                | 6 58 51.193   | 7                | 6 58 51.324   | 37               | 36 53 57.3  | 7                | 6 59.1  | 37               | 36 53.999   |
| 8                | 7 58 41.364   | 8                | 7 58 41.495   | 38               | 37 53 52.5  | 8                | 7 59.0  | 38               | 37 53.996   |
| 9                | 8 58 31.534   | 9                | 8 58 31.665   | 39               | 38 53 47.7  | 9                | 8 58.9  | 39               | 38 53.993   |
| 10               | 9 58 21.704   | 10               | 9 58 21.835   | 40               | 39 53 42.9  | 10               | 9 58.8  | 40               | 39 53.990   |
| 11               | 10 58 11.875  | 11               | 10 58 12.006  | 41               | 40 53 38.1  | 11               | 10 58.7   | 41               | 40 53.987   |
| 12               | 11 58 02.045  | 12               | 11 58 02.176  | 42               | 41 53 33.3  | 12               | 11 58.6   | 42               | 41 53.984   |
| 13               | 12 57 52.216  | 13               | 12 57 52.347  | 43               | 42 53 28.5  | 13               | 12 58.5   | 43               | 42 53.981   |
| 14               | 13 57 42.386  | 14               | 13 57 42.517  | 44               | 43 53 23.7  | 14               | 13 58.4   | 44               | 43 53.978   |
| 15               | 14 57 32.557  | 15               | 14 57 32.688  | 45               | 44 53 18.9  | 15               | 14 58.3   | 45               | 44 53.975   |
| 16               | 15 57 22.727  | 16               | 15 57 22.858  | 46               | 45 53 14.1  | 16               | 15 58.2   | 46               | 45 53.972   |
| 17               | 16 57 12.897  | 17               | 16 57 13.028  | 47               | 46 53 09.3  | 17               | 16 58.1   | 47               | 46 53.969   |
| 18               | 17 57 03.068  | 18               | 17 57 03.199  | 48               | 47 53 04.5  | 18               | 17 58.0   | 48               | 47 53.966   |
| 19               | 18 56 53.238  | 19               | 18 56 53.369  | 49               | 48 52 59.7  | 19               | 18 57.9   | 49               | 48 53.963   |
| 20               | 19 56 43.409  | 20               | 19 56 43.540  | 50               | 49 52 54.9  | 20               | 19 57.8   | 50               | 49 53.960   |
| 21               | 20 56 33.579  | 21               | 20 56 33.710  | 51               | 50 52 50.1  | 21               | 20 57.7   | 51               | 50 53.957   |
| 22               | 21 56 23.750  | 22               | 21 56 23.881  | 52               | 51 52 45.3  | 22               | 21 57.6   | 52               | 51 53.954   |
| 23               | 22 56 13.920  | 23               | 22 56 14.051  | 53               | 52 52 40.5  | 23               | 22 57.5   | 53               | 52 53.951   |
| 24               | 23 56 04.091  | 24               | 23 56 04.222  | 54               | 53 52 35.7  | 24               | 23 57.4   | 54               | 53 53.948   |
|                  |   | 25               | 24 55 54.394  | 55               | 54 52 30.9  | 25               | 24 57.3   | 55               | 54 53.945   |
|                  |   | 26               | 25 55 44.564  | 56               | 55 52 26.1  | 26               | 25 57.2   | 56               | 55 53.942   |
|                  |   | 27               | 26 55 34.735  | 57               | 56 52 21.3  | 27               | 26 57.1   | 57               | 56 53.939   |
|                  |   | 28               | 27 55 24.905  | 58               | 57 52 16.5  | 28               | 27 57.0   | 58               | 57 53.936   |
|                  |   | 29               | 28 55 15.076  | 59               | 58 52 11.7  | 29               | 28 56.9   | 59               | 58 53.933   |
|                  |   | 30               | 29 55 05.246  | 60               | 59 52 06.9  | 30               | 29 56.8   | 60               | 59 53.930   |

Primjer: Pretvoriti 4h29m58s59 zvezdanoga vremena u ekvivalentni interval srednjega vremena.

$$Z_a \left\{ \begin{array}{l} 4h 00m 00s \text{ zv. vr.} \\ 29 \quad 00 \quad \text{ " " } \\ 58s59 \quad \text{ " " } \\ 4h 29m 58s59 \text{ zv. vr.} \end{array} \right\} \text{ daje tablica } \left\{ \begin{array}{l} 3h 59m 20s682 \text{ sr. vr} \\ 28m 55s249 \text{ " " } \\ 58s430 \text{ " " } \\ 4h 29m 14s36 \text{ sr. vr.} \end{array} \right.$$

# PRETVARANJE SREDNJEGA VREMENA U ZVJEZDANO VRIJEME

| Sati            |   | Minute          |   |                 |   | Sekunde         |   |                 |   |
|-----------------|---|-----------------|---|-----------------|---|-----------------|---|-----------------|---|
| Srednje vrijeme | Ekvi-<br>valentni<br>interval<br>zvezda-<br>noga<br>vremena | Srednje vrijeme | Ekvi-<br>valentni<br>interval<br>zvezda-<br>noga<br>vremena | Srednje vrijeme | Ekvi-<br>valentni<br>interval<br>zvezda-<br>noga<br>vremena | Srednje vrijeme | Ekvi-<br>valentni<br>interval<br>zvezda-<br>noga<br>vremena | Srednje vrijeme | Ekvi-<br>valentni<br>interval<br>zvezda-<br>noga<br>vremena |
| b               | h m s   | m               | m s   | m               | m s   | s               | s   | s               | s   |
| 1               | 1 00 09.850   | 1               | 1 00 10.01  | 31              | 31 05 08.3  | 1               | 1 00.3  | 31              | 31 05.085   |
| 2               | 2 00 19.713   | 2               | 2 00 19.87  | 32              | 32 05 03.5  | 2               | 2 00.2  | 32              | 32 05.088   |
| 3               | 3 00 29.576   | 3               | 3 00 29.73  | 33              | 33 04 58.7  | 3               | 3 00.1  | 33              | 33 05.090   |
| 4               | 4 00 39.439   | 4               | 4 00 39.59  | 34              | 34 04 53.9  | 4               | 4 00.0  | 34              | 34 05.093   |
| 5               | 5 00 49.302   | 5               | 5 00 49.46  | 35              | 35 04 49.1  | 5               | 5 00.0  | 35              | 35 05.096   |
| 6               | 6 00 59.165   | 6               | 6 00 59.32  | 36              | 36 04 44.3  | 6               | 6 00.0  | 36              | 36 05.099   |
| 7               | 7 01 09.028   | 7               | 7 01 09.18  | 37              | 37 04 39.5  | 7               | 7 00.0  | 37              | 37 05.101   |
| 8               | 8 01 18.891   | 8               | 8 01 19.05  | 38              | 38 04 34.7  | 8               | 8 00.0  | 38              | 38 05.104   |
| 9               | 9 01 28.754   | 9               | 9 01 28.91  | 39              | 39 04 29.9  | 9               | 9 00.0  | 39              | 39 05.107   |
| 10              | 10 01 38.617  | 10              | 10 01 38.77   | 40              | 40 04 25.1  | 10              | 10 00.0   | 40              | 40 05.110   |
| 11              | 11 01 48.480  | 11              | 11 01 48.64   | 41              | 41 04 20.3  | 11              | 11 00.0   | 41              | 41 05.112   |
| 12              | 12 01 58.343  | 12              | 12 01 58.50   | 42              | 42 04 15.5  | 12              | 12 00.0   | 42              | 42 05.115   |
| 13              | 13 02 08.206  | 13              | 13 02 08.36   | 43              | 43 04 10.7  | 13              | 13 00.0   | 43              | 43 05.118   |
| 14              | 14 02 18.069  | 14              | 14 02 18.23   | 44              | 44 04 05.9  | 14              | 14 00.0   | 44              | 44 05.120   |
| 15              | 15 02 27.932  | 15              | 15 02 28.09   | 45              | 45 04 01.1  | 15              | 15 00.0   | 45              | 45 05.123   |
| 16              | 16 02 37.795  | 16              | 16 02 37.95   | 46              | 46 03 56.3  | 16              | 16 00.0   | 46              | 46 05.126   |
| 17              | 17 02 47.658  | 17              | 17 02 47.81   | 47              | 47 03 51.5  | 17              | 17 00.0   | 47              | 47 05.129   |
| 18              | 18 02 57.521  | 18              | 18 02 57.68   | 48              | 48 03 46.7  | 18              | 18 00.0   | 48              | 48 05.131   |
| 19              | 19 03 07.384  | 19              | 19 03 07.54   | 49              | 49 03 41.9  | 19              | 19 00.0   | 49              | 49 05.134   |
| 20              | 20 03 17.247  | 20              | 20 03 17.40   | 50              | 50 03 37.1  | 20              | 20 00.0   | 50              | 50 05.137   |
| 21              | 21 03 27.110  | 21              | 21 03 27.27   | 51              | 51 03 32.3  | 21              | 21 00.0   | 51              | 51 05.140   |
| 22              | 22 03 36.973  | 22              | 22 03 37.13   | 52              | 52 03 27.5  | 22              | 22 00.0   | 52              | 52 05.142   |
| 23              | 23 03 46.836  | 23              | 23 03 46.99   | 53              | 53 03 22.7  | 23              | 23 00.0   | 53              | 53 05.145   |
| 24              | 24 03 56.699  | 24              | 24 03 56.86   | 54              | 54 03 17.9  | 24              | 24 00.0   | 54              | 54 05.148   |
|                 |   | 25              | 25 04 06.562  | 55              | 55 03 13.1  | 25              | 25 00.0   | 55              | 55 05.151   |
|                 |   | 26              | 26 04 16.425  | 56              | 56 03 08.3  | 26              | 26 00.0   | 56              | 56 05.153   |
|                 |   | 27              | 27 04 26.288  | 57              | 57 03 03.5  | 27              | 27 00.0   | 57              | 57 05.156   |
|                 |   | 28              | 28 04 36.151  | 58              | 58 02 58.7  | 28              | 28 00.0   | 58              | 58 05.159   |
|                 |   | 29              | 29 04 46.014  | 59              | 59 02 53.9  | 29              | 29 00.0   | 59              | 59 05.162   |
|                 |   | 30              | 30 04 55.877  | 60              | 60 02 49.1  | 30              | 30 00.0   | 60              | 60 05.164   |

Primjer: Pretvoriti 4h 29m 14s36 srednjega vremena u ekvivalentni interval zvezdanoga vremena.

$$Z_a \left\{ \begin{array}{l} 4h 00m 00s \text{ sr. vr.} \\ 29 \quad 00 \quad \text{ " " } \\ 14s36 \text{ " " } \\ 4h 29m 14s36 \text{ sr. vr.} \end{array} \right\} \text{ daje tablica } \left\{ \begin{array}{l} 4h 00m 39s426 \text{ zv. vr.} \\ 29m 04s764 \text{ " " } \\ 14s399 \text{ " " } \\ 4h 29m 58s59 \text{ zv. vr.} \end{array} \right.$$



PRETVARANJE SATOVA, MINUTA I SEKUNDA  
U DECIMALNE DIJELOVE DANA

| $\frac{h}{m}$ | $0^h$       | $1^h$        | $2^h$        | $3^h$        | $4^h$        | $5^h$        | Sekunde      |
|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 0             | d<br>0'0000 | d<br>0'04107 | d<br>0'08333 | d<br>0'12500 | d<br>0'16667 | d<br>0'20833 | d<br>0'00000 |
| 1             | 0'0009      | 0'04206      | 0'08403      | 0'12600      | 0'16800      | 0'21000      | 0'00009      |
| 2             | 0'0018      | 0'08406      | 0'16812      | 0'25200      | 0'33600      | 0'42000      | 0'00018      |
| 3             | 0'0027      | 0'12606      | 0'25212      | 0'37800      | 0'50400      | 0'63000      | 0'00027      |
| 4             | 0'0036      | 0'16806      | 0'33624      | 0'50400      | 0'63000      | 0'75600      | 0'00036      |
| 5             | 0'0045      | 0'21006      | 0'42036      | 0'63000      | 0'84000      | 0'10500      | 0'00045      |
| 6             | 0'0054      | 0'25206      | 0'50448      | 0'75600      | 0'10500      | 0'21000      | 0'00054      |
| 7             | 0'0063      | 0'29406      | 0'58860      | 0'88200      | 0'10500      | 0'31500      | 0'00063      |
| 8             | 0'0072      | 0'33606      | 0'67680      | 0'10500      | 0'17222      | 0'42000      | 0'00072      |
| 9             | 0'0081      | 0'37806      | 0'76500      | 0'13125      | 0'21000      | 0'52500      | 0'00081      |
| 10            | 0'0090      | 0'42006      | 0'85320      | 0'16125      | 0'25200      | 0'63000      | 0'00090      |
| 11            | 0'0099      | 0'46206      | 0'94140      | 0'19125      | 0'29400      | 0'73500      | 0'00099      |
| 12            | 0'0108      | 0'50406      | 0'10360      | 0'22125      | 0'33600      | 0'84000      | 0'00108      |
| 13            | 0'0117      | 0'54606      | 0'19580      | 0'25125      | 0'37800      | 0'94500      | 0'00117      |
| 14            | 0'0126      | 0'58806      | 0'28800      | 0'28125      | 0'42000      | 0'10500      | 0'00126      |
| 15            | 0'0135      | 0'63006      | 0'38020      | 0'31125      | 0'46200      | 0'21000      | 0'00135      |
| 16            | 0'0144      | 0'67206      | 0'47240      | 0'34125      | 0'50400      | 0'31500      | 0'00144      |
| 17            | 0'0153      | 0'71406      | 0'56460      | 0'37125      | 0'54600      | 0'42000      | 0'00153      |
| 18            | 0'0162      | 0'75606      | 0'65680      | 0'40125      | 0'58800      | 0'52500      | 0'00162      |
| 19            | 0'0171      | 0'79806      | 0'74900      | 0'43125      | 0'63000      | 0'63000      | 0'00171      |
| 20            | 0'0180      | 0'84006      | 0'84120      | 0'46125      | 0'67200      | 0'73500      | 0'00180      |
| 21            | 0'0189      | 0'88206      | 0'93340      | 0'49125      | 0'71400      | 0'84000      | 0'00189      |
| 22            | 0'0198      | 0'92406      | 0'10360      | 0'52125      | 0'75600      | 0'94500      | 0'00198      |
| 23            | 0'0207      | 0'96606      | 0'19580      | 0'55125      | 0'79800      | 0'10500      | 0'00207      |
| 24            | 0'0216      | 0'10006      | 0'28800      | 0'58125      | 0'84000      | 0'21000      | 0'00216      |
| 25            | 0'0225      | 0'14206      | 0'38020      | 0'61125      | 0'88200      | 0'31500      | 0'00225      |
| 26            | 0'0234      | 0'18406      | 0'47240      | 0'64125      | 0'92400      | 0'42000      | 0'00234      |
| 27            | 0'0243      | 0'22606      | 0'56460      | 0'67125      | 0'96600      | 0'52500      | 0'00243      |
| 28            | 0'0252      | 0'26806      | 0'65680      | 0'70125      | 0'10000      | 0'63000      | 0'00252      |
| 29            | 0'0261      | 0'31006      | 0'74900      | 0'73125      | 0'14200      | 0'73500      | 0'00261      |

PRETVARANJE SATOVA, MINUTA I SEKUNDA  
U DECIMALNE DIJELOVE DANA

| $\frac{h}{m}$ | $0^h$       | $1^h$        | $2^h$        | $3^h$        | $4^h$        | $5^h$        | Sekunde      |
|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 30            | d<br>0'0270 | d<br>0'06907 | d<br>0'10064 | d<br>0'13221 | d<br>0'16378 | d<br>0'19535 | d<br>0'00270 |
| 31            | 0'0279      | 0'07007      | 0'10164      | 0'13321      | 0'16478      | 0'19635      | 0'00279      |
| 32            | 0'0288      | 0'07107      | 0'10264      | 0'13421      | 0'16578      | 0'19735      | 0'00288      |
| 33            | 0'0297      | 0'07207      | 0'10364      | 0'13521      | 0'16678      | 0'19835      | 0'00297      |
| 34            | 0'0306      | 0'07307      | 0'10464      | 0'13621      | 0'16778      | 0'19935      | 0'00306      |
| 35            | 0'0315      | 0'07407      | 0'10564      | 0'13721      | 0'16878      | 0'20035      | 0'00315      |
| 36            | 0'0324      | 0'07507      | 0'10664      | 0'13821      | 0'16978      | 0'20135      | 0'00324      |
| 37            | 0'0333      | 0'07607      | 0'10764      | 0'13921      | 0'17078      | 0'20235      | 0'00333      |
| 38            | 0'0342      | 0'07707      | 0'10864      | 0'14021      | 0'17178      | 0'20335      | 0'00342      |
| 39            | 0'0351      | 0'07807      | 0'10964      | 0'14121      | 0'17278      | 0'20435      | 0'00351      |
| 40            | 0'0360      | 0'07907      | 0'11064      | 0'14221      | 0'17378      | 0'20535      | 0'00360      |
| 41            | 0'0369      | 0'08007      | 0'11164      | 0'14321      | 0'17478      | 0'20635      | 0'00369      |
| 42            | 0'0378      | 0'08107      | 0'11264      | 0'14421      | 0'17578      | 0'20735      | 0'00378      |
| 43            | 0'0387      | 0'08207      | 0'11364      | 0'14521      | 0'17678      | 0'20835      | 0'00387      |
| 44            | 0'0396      | 0'08307      | 0'11464      | 0'14621      | 0'17778      | 0'20935      | 0'00396      |
| 45            | 0'0405      | 0'08407      | 0'11564      | 0'14721      | 0'17878      | 0'21035      | 0'00405      |
| 46            | 0'0414      | 0'08507      | 0'11664      | 0'14821      | 0'17978      | 0'21135      | 0'00414      |
| 47            | 0'0423      | 0'08607      | 0'11764      | 0'14921      | 0'18078      | 0'21235      | 0'00423      |
| 48            | 0'0432      | 0'08707      | 0'11864      | 0'15021      | 0'18178      | 0'21335      | 0'00432      |
| 49            | 0'0441      | 0'08807      | 0'11964      | 0'15121      | 0'18278      | 0'21435      | 0'00441      |
| 50            | 0'0450      | 0'08907      | 0'12064      | 0'15221      | 0'18378      | 0'21535      | 0'00450      |
| 51            | 0'0459      | 0'09007      | 0'12164      | 0'15321      | 0'18478      | 0'21635      | 0'00459      |
| 52            | 0'0468      | 0'09107      | 0'12264      | 0'15421      | 0'18578      | 0'21735      | 0'00468      |
| 53            | 0'0477      | 0'09207      | 0'12364      | 0'15521      | 0'18678      | 0'21835      | 0'00477      |
| 54            | 0'0486      | 0'09307      | 0'12464      | 0'15621      | 0'18778      | 0'21935      | 0'00486      |
| 55            | 0'0495      | 0'09407      | 0'12564      | 0'15721      | 0'18878      | 0'22035      | 0'00495      |
| 56            | 0'0504      | 0'09507      | 0'12664      | 0'15821      | 0'18978      | 0'22135      | 0'00504      |
| 57            | 0'0513      | 0'09607      | 0'12764      | 0'15921      | 0'19078      | 0'22235      | 0'00513      |
| 58            | 0'0522      | 0'09707      | 0'12864      | 0'16021      | 0'19178      | 0'22335      | 0'00522      |
| 59            | 0'0531      | 0'09807      | 0'12964      | 0'16121      | 0'19278      | 0'22435      | 0'00531      |

PRETVARANJE SATOVA, MINUTA I SEKUNDA  
U DECIMALNE DIJELOVE DANA

| m  | n  | h | 6 <sup>h</sup> | 7 <sup>h</sup> | 8 <sup>h</sup> | 9 <sup>h</sup> | 10 <sup>h</sup> | 11 <sup>h</sup> | s  | d       |
|----|----|---|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----|---------|
| m  | 0  | d | 0°2000         | 0°20167        | d              | 0°33333        | 0°33500         | 0°33667         | 0  | 0°00000 |
| 1  | 1  |   | 0°20069        | 0°20236        |                | 0°33403        | 0°33569         | 0°33736         | 1  | 0°00001 |
| 2  | 2  |   | 0°20130        | 0°20296        |                | 0°33472        | 0°33639         | 0°33806         | 2  | 0°00002 |
| 3  | 3  |   | 0°20190        | 0°20357        |                | 0°33532        | 0°33708         | 0°33875         | 3  | 0°00003 |
| 4  | 4  |   | 0°20258        | 0°20411        |                | 0°33611        | 0°33778         | 0°33944         | 4  | 0°00005 |
| 5  | 5  |   | 0°20317        | 0°20473        |                | 0°33681        | 0°33847         | 0°34013         | 5  | 0°00007 |
| 6  | 6  |   | 0°20377        | 0°20533        |                | 0°33750        | 0°33907         | 0°34080         | 6  | 0°00007 |
| 7  | 7  |   | 0°20436        | 0°20593        |                | 0°33819        | 0°33966         | 0°34149         | 7  | 0°00008 |
| 8  | 8  |   | 0°20495        | 0°20652        |                | 0°33888        | 0°34025         | 0°34218         | 8  | 0°00009 |
| 9  | 9  |   | 0°20554        | 0°20712        |                | 0°33958        | 0°34085         | 0°34278         | 9  | 0°00010 |
| 10 | 10 |   | 0°20614        | 0°20772        |                | 0°34028        | 0°34144         | 0°34338         | 10 | 0°00012 |
| 11 | 11 |   | 0°20673        | 0°20831        |                | 0°34097        | 0°34203         | 0°34397         | 11 | 0°00013 |
| 12 | 12 |   | 0°20733        | 0°20891        |                | 0°34167        | 0°34263         | 0°34457         | 12 | 0°00014 |
| 13 | 13 |   | 0°20793        | 0°20950        |                | 0°34236        | 0°34323         | 0°34516         | 13 | 0°00015 |
| 14 | 14 |   | 0°20852        | 0°21010        |                | 0°34306        | 0°34382         | 0°34576         | 14 | 0°00016 |
| 15 | 15 |   | 0°20912        | 0°21070        |                | 0°34375        | 0°34442         | 0°34635         | 15 | 0°00017 |
| 16 | 16 |   | 0°20972        | 0°21130        |                | 0°34444        | 0°34511         | 0°34694         | 16 | 0°00019 |
| 17 | 17 |   | 0°21031        | 0°21189        |                | 0°34511        | 0°34581         | 0°34753         | 17 | 0°00020 |
| 18 | 18 |   | 0°21091        | 0°21249        |                | 0°34580        | 0°34650         | 0°34812         | 18 | 0°00021 |
| 19 | 19 |   | 0°21150        | 0°21308        |                | 0°34649        | 0°34719         | 0°34871         | 19 | 0°00022 |
| 20 | 20 |   | 0°21210        | 0°21368        |                | 0°34719        | 0°34789         | 0°34930         | 20 | 0°00023 |
| 21 | 21 |   | 0°21269        | 0°21428        |                | 0°34789        | 0°34858         | 0°34989         | 21 | 0°00024 |
| 22 | 22 |   | 0°21329        | 0°21487        |                | 0°34858        | 0°34928         | 0°35048         | 22 | 0°00025 |
| 23 | 23 |   | 0°21388        | 0°21547        |                | 0°34928        | 0°34997         | 0°35107         | 23 | 0°00027 |
| 24 | 24 |   | 0°21448        | 0°21607        |                | 0°34997        | 0°35067         | 0°35167         | 24 | 0°00028 |
| 25 | 25 |   | 0°21507        | 0°21667        |                | 0°35067        | 0°35126         | 0°35226         | 25 | 0°00029 |
| 26 | 26 |   | 0°21567        | 0°21726        |                | 0°35126        | 0°35186         | 0°35286         | 26 | 0°00030 |
| 27 | 27 |   | 0°21626        | 0°21786        |                | 0°35186        | 0°35245         | 0°35345         | 27 | 0°00031 |
| 28 | 28 |   | 0°21686        | 0°21845        |                | 0°35245        | 0°35305         | 0°35405         | 28 | 0°00032 |
| 29 | 29 |   | 0°21745        | 0°21905        |                | 0°35305        | 0°35364         | 0°35464         | 29 | 0°00034 |

PRETVARANJE SATOVA, MINUTA I SEKUNDA  
U DECIMALNE DIELOVE DANA

| $m$ | $h$ | $\delta^h$ | $\gamma^h$ | $\delta^h$ | $\delta^h$ | $10^h$   | $1^h$    | $\epsilon$ | Sekunde |
|-----|-----|------------|------------|------------|------------|----------|----------|------------|---------|
| 30  | m   | d          | d          | d          | d          | d        | d        | d          |         |
| 31  | 30  | 0°57'083   | 0°31'250   | 0°35'417   | 0°30'583   | 0°30'738 | 0°47'917 | 30         | 0°00035 |
| 32  | 31  | 0°57'153   | 0°31'319   | 0°35'580   | 0°31'073   | 0°31'119 | 0°48'060 | 31         | 0°00030 |
| 33  | 32  | 0°57'222   | 0°31'389   | 0°36'156   | 0°31'249   | 0°31'299 | 0°48'210 | 32         | 0°00037 |
| 34  | 33  | 0°57'292   | 0°31'458   | 0°36'335   | 0°31'412   | 0°31'462 | 0°48'360 | 33         | 0°00059 |
| 35  | 34  | 0°57'361   | 0°31'528   | 0°36'514   | 0°31'681   | 0°31'731 | 0°48'510 | 34         | 0°00039 |
| 36  | 35  | 0°57'431   | 0°31'597   | 0°37'094   | 0°31'851   | 0°31'901 | 0°49'060 | 35         | 0°00041 |
| 37  | 36  | 0°57'500   | 0°32'067   | 0°37'273   | 0°31'920   | 0°31'970 | 0°49'210 | 36         | 0°00042 |
| 38  | 37  | 0°57'569   | 0°32'136   | 0°37'452   | 0°32'089   | 0°32'139 | 0°49'360 | 37         | 0°00043 |
| 39  | 38  | 0°58'038   | 0°32'205   | 0°37'631   | 0°32'158   | 0°32'208 | 0°49'510 | 38         | 0°00044 |
| 40  | 39  | 0°58'107   | 0°32'274   | 0°37'810   | 0°32'227   | 0°32'277 | 0°49'660 | 39         | 0°00045 |
| 41  | 40  | 0°58'176   | 0°32'343   | 0°37'989   | 0°32'296   | 0°32'346 | 0°49'810 | 40         | 0°00046 |
| 42  | 41  | 0°58'245   | 0°32'412   | 0°38'168   | 0°32'365   | 0°32'415 | 0°49'960 | 41         | 0°00047 |
| 43  | 42  | 0°58'314   | 0°32'481   | 0°38'347   | 0°32'434   | 0°32'484 | 0°50'110 | 42         | 0°00048 |
| 44  | 43  | 0°58'383   | 0°32'550   | 0°38'526   | 0°32'503   | 0°32'553 | 0°50'260 | 43         | 0°00049 |
| 45  | 44  | 0°58'452   | 0°33'019   | 0°39'105   | 0°32'572   | 0°33'022 | 0°50'410 | 44         | 0°00050 |
| 46  | 45  | 0°58'521   | 0°33'088   | 0°39'284   | 0°33'041   | 0°33'091 | 0°50'560 | 45         | 0°00051 |
| 47  | 46  | 0°58'590   | 0°33'157   | 0°39'463   | 0°33'110   | 0°33'160 | 0°51'110 | 46         | 0°00052 |
| 48  | 47  | 0°59'059   | 0°33'226   | 0°39'642   | 0°33'179   | 0°33'229 | 0°51'260 | 47         | 0°00053 |
| 49  | 48  | 0°59'128   | 0°33'295   | 0°39'821   | 0°33'248   | 0°33'298 | 0°51'410 | 48         | 0°00054 |
| 50  | 49  | 0°59'197   | 0°33'364   | 0°39'999   | 0°33'317   | 0°33'367 | 0°51'560 | 49         | 0°00055 |
| 51  | 50  | 0°59'266   | 0°33'433   | 0°40'178   | 0°33'386   | 0°33'436 | 0°52'110 | 50         | 0°00056 |
| 52  | 51  | 0°59'335   | 0°33'502   | 0°40'357   | 0°33'455   | 0°33'505 | 0°52'260 | 51         | 0°00057 |
| 53  | 52  | 0°59'404   | 0°33'571   | 0°40'536   | 0°33'524   | 0°33'574 | 0°52'410 | 52         | 0°00058 |
| 54  | 53  | 0°59'473   | 0°34'040   | 0°41'115   | 0°33'593   | 0°34'043 | 0°52'560 | 53         | 0°00059 |
| 55  | 54  | 0°59'542   | 0°34'109   | 0°41'294   | 0°34'062   | 0°34'112 | 0°53'110 | 54         | 0°00060 |
| 56  | 55  | 0°59'611   | 0°34'178   | 0°41'473   | 0°34'131   | 0°34'181 | 0°53'260 | 55         | 0°00061 |
| 57  | 56  | 0°59'680   | 0°34'247   | 0°41'652   | 0°34'200   | 0°34'250 | 0°53'410 | 56         | 0°00062 |
| 58  | 57  | 0°59'749   | 0°34'316   | 0°41'831   | 0°34'269   | 0°34'319 | 0°53'560 | 57         | 0°00063 |
| 59  | 58  | 0°59'818   | 0°34'385   | 0°42'010   | 0°34'338   | 0°34'388 | 0°54'110 | 58         | 0°00064 |
| 60  | 59  | 0°59'887   | 0°34'454   | 0°42'189   | 0°34'407   | 0°34'457 | 0°54'260 | 59         | 0°00065 |



# DEPRESIJA HORIZONTA I DALJINA VIDA

| Visina u metrima | Depresija horizonta | Daljina vida |       | Visina u metrima | Depresija horizonta | Daljina vida |       | Visina u metrima | Depresija horizonta | Daljina vida |        |
|------------------|---------------------|--------------|-------|------------------|---------------------|--------------|-------|------------------|---------------------|--------------|--------|
|                  |                     | u milja-     | u km  |                  |                     | u milja-     | u km  |                  |                     | u milja-     | u km   |
| 1                | 1 40                | 2 10         | 3 59  | 26               | 0 02                | 10 71        | 18 83 | 55               | 13 00               | 15 58        | 25 85  |
| 2                | 2 30                | 2 07         | 6 50  | 27               | 0 13                | 10 92        | 20 22 | 60               | 13 11               | 16 27        | 30 13  |
| 3                | 3 04                | 3 04         | 6 64  | 28               | 0 23                | 11 12        | 20 59 | 65               | 14 18               | 16 04        | 31 37  |
| 4                | 3 33                | 4 20         | 7 78  | 29               | 0 33                | 11 32        | 20 06 | 70               | 14 50               | 17 53        | 32 56  |
| 5                | 3 58                | 4 70         | 8 70  | 30               | 0 43                | 11 51        | 21 32 | 75               | 15 21               | 18 20        | 33 71  |
| 6                | 4 21                | 5 15         | 9 54  | 31               | 0 52                | 11 70        | 21 07 | 80               | 15 51               | 18 79        | 34 80  |
| 7                | 4 41                | 5 56         | 10 30 | 32               | 10 02               | 11 59        | 22 02 | 85               | 16 20               | 19 37        | 35 67  |
| 8                | 5 01                | 5 94         | 11 00 | 33               | 10 11               | 12 07        | 22 35 | 90               | 16 49               | 19 04        | 36 87  |
| 9                | 5 18                | 6 31         | 11 68 | 34               | 10 20               | 12 25        | 22 09 | 95               | 17 18               | 20 43        | 37 93  |
| 10               | 5 36                | 6 65         | 12 32 | 35               | 10 29               | 12 43        | 23 02 | 100              | 17 43               | 21 01        | 38 91  |
| 11               | 5 53                | 6 07         | 12 91 | 36               | 10 33               | 12 01        | 23 35 | 125              | 19 19               | 23 50        | 43 52  |
| 12               | 6 09                | 7 28         | 13 48 | 37               | 10 47               | 12 78        | 23 07 | 150              | 21 42               | 25 74        | 47 67  |
| 13               | 6 24                | 7 58         | 14 04 | 38               | 10 50               | 12 95        | 23 08 | 175              | 23 26               | 27 80        | 51 49  |
| 14               | 6 38                | 7 86         | 14 58 | 39               | 11 04               | 13 12        | 24 30 | 200              | 25 04               | 29 72        | 55 04  |
| 15               | 6 52                | 8 14         | 15 08 | 40               | 11 13               | 13 29        | 24 61 | 225              | 26 35               | 31 52        | 58 33  |
| 16               | 7 06                | 8 41         | 15 58 | 41               | 11 21               | 13 46        | 24 03 | 250              | 28 01               | 33 23        | 61 54  |
| 17               | 7 19                | 8 07         | 16 06 | 42               | 11 29               | 13 62        | 25 22 | 275              | 29 23               | 34 85        | 64 54  |
| 18               | 7 31                | 8 32         | 16 52 | 43               | 11 37               | 13 78        | 25 25 | 300              | 30 42               | 36 39        | 67 39  |
| 19               | 7 44                | 9 10         | 16 96 | 44               | 11 46               | 13 04        | 25 82 | 325              | 31 56               | 37 88        | 70 15  |
| 20               | 7 56                | 9 40         | 17 41 | 45               | 11 54               | 14 09        | 26 00 | 350              | 33 09               | 39 31        | 72 80  |
| 21               | 8 08                | 0 63         | 17 52 | 46               | 12 01               | 14 25        | 26 39 | 400              | 35 26               | 42 03        | 77 84  |
| 22               | 8 19                | 0 55         | 18 24 | 47               | 12 09               | 14 41        | 26 60 | 450              | 37 35               | 44 57        | 82 54  |
| 23               | 8 30                | 10 08        | 18 87 | 48               | 12 17               | 14 54        | 26 97 | 500              | 39 27               | 46 09        | 87 08  |
| 24               | 8 41                | 10 20        | 19 06 | 49               | 12 25               | 14 71        | 27 24 | 750              | 48 32               | 57 55        | 106 58 |
| 25               | 8 52                | 10 51        | 19 46 | 50               | 12 32               | 14 86        | 27 52 | 1000             | 56 02               | 66 45        | 123 07 |

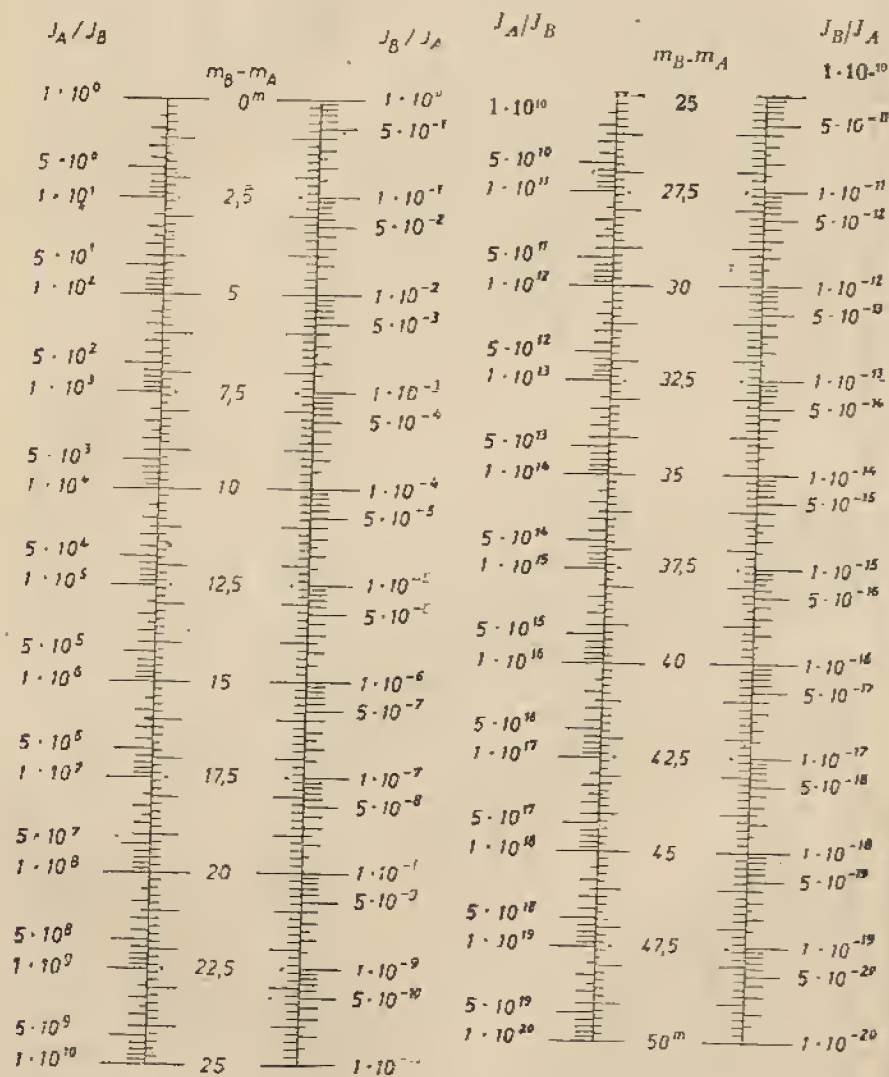
## MJERE ZA DALJINE U ASTRONOMIJI

| MJERE ZA DALJINE U ASTRONOMIJI |  |  |                        |             |                         |             |                        |        |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------|--|--|------------------------|-------------|-------------------------|-------------|------------------------|--------|--|--|--|--|--|--|
| Jedinica daljine               |  |  | km                     | astr. jed.  |                         | god. svjet. |                        | parsek |  |  |  |  |  |  |
| Astronom. jedinica             |  |  | $1.495 \times 10^8$    | 1           | $15.802 \times 10^{-4}$ |             | $4.848 \times 10^{-4}$ |        |  |  |  |  |  |  |
| Godina svjetlosti              |  |  | $9.400 \times 10^{10}$ | 63 275      | 1                       | 0.3008      |                        |        |  |  |  |  |  |  |
| Parsek                         |  |  | $3.084 \times 10^{13}$ | 206 264 806 | 3.2308                  | 1           |                        |        |  |  |  |  |  |  |

| PRETVARANJE PRIVIDNIH VELICINA U APSOLUTNE |       |        |       |       |       |       |       |       |       |       |    |  |  |  |
|--|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|--|--|--|
| n  | 0     | 1      | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 0     | n  |  |  |  |
| 00   | —     | —10.60 | —8.49 | —7.01 | —6.09 | —6.31 | —6.11 | —5.77 | —5.48 | —5.28 | 00 |  |  |  |
| 01   | —5.00 | —4.79  | —4.00 | —4.63 | —4.27 | —4.12 | —3.93 | —3.85 | —3.72 | —3.61 | 01 |  |  |  |
| 02   | —3.40 | —3.39  | —3.29 | —3.38 | —3.10 | —3.01 | —2.93 | —2.84 | —2.76 | —2.69 | 02 |  |  |  |
| 03   | —2.61 | —2.54  | —2.41 | —2.41 | —2.34 | —2.28 | —2.22 | —2.16 | —2.10 | —2.04 | 03 |  |  |  |
| 04   | —1.99 | —1.94  | —1.88 | —1.88 | —1.78 | —1.73 | —1.69 | —1.64 | —1.59 | —1.55 | 04 |  |  |  |
| 05   | —1.51 | —1.46  | —1.42 | —1.38 | —1.34 | —1.30 | —1.26 | —1.23 | —1.19 | —1.15 | 05 |  |  |  |
| 06   | —1.11 | —1.07  | —1.04 | —1.00 | —0.97 | —0.94 | —0.90 | —0.87 | —0.84 | —0.81 | 06 |  |  |  |
| 07   | —0.77 | —0.74  | —0.71 | —0.68 | —0.65 | —0.62 | —0.60 | —0.57 | —0.54 | —0.51 | 07 |  |  |  |
| 08   | —0.48 | —0.46  | —0.43 | —0.40 | —0.38 | —0.35 | —0.33 | —0.30 | —0.28 | —0.25 | 08 |  |  |  |
| 09   | —0.23 | —0.20  | —0.18 | —0.16 | —0.13 | —0.11 | —0.09 | —0.07 | —0.04 | —0.02 | 09 |  |  |  |
| 10   | 0.00  | +0.26  | +0.30 | +0.37 | +0.43 | +0.48 | +1.02 | +1.15 | +1.28 | +1.39 | 10 |  |  |  |
| 20   | +1.51 | +1.61  | +1.71 | +1.81 | +1.90 | +1.96 | +2.08 | +2.15 | +2.23 | +2.31 | 20 |  |  |  |
| 30   | +2.38 | +2.45  | +2.52 | +2.60 | +2.65 | +2.72 | +2.78 | +2.84 | +2.90 | +2.95 | 30 |  |  |  |
| 40   | +3.01 | +3.06  | +3.12 | +3.17 | +3.22 | +3.27 | +3.31 | +3.35 | +3.40 | +3.45 | 40 |  |  |  |
| 50   | +3.40 |        |       |       |       |       |       |       |       |       | 50 |  |  |  |

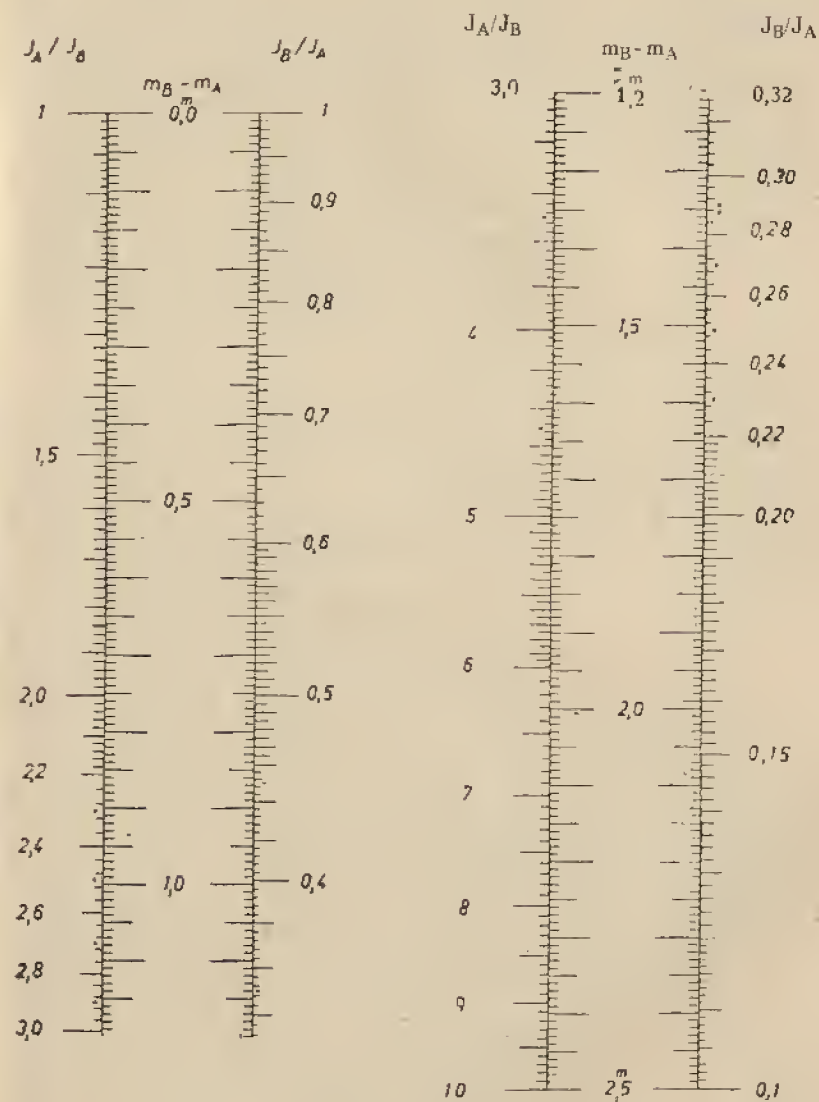
PRETVARANJE RAZLIKE VELIČINA  
U OMJER SJAJA

I.



PRETVARANJE RAZLIKE VELIČINA  
U OMJER SJAJA

II.





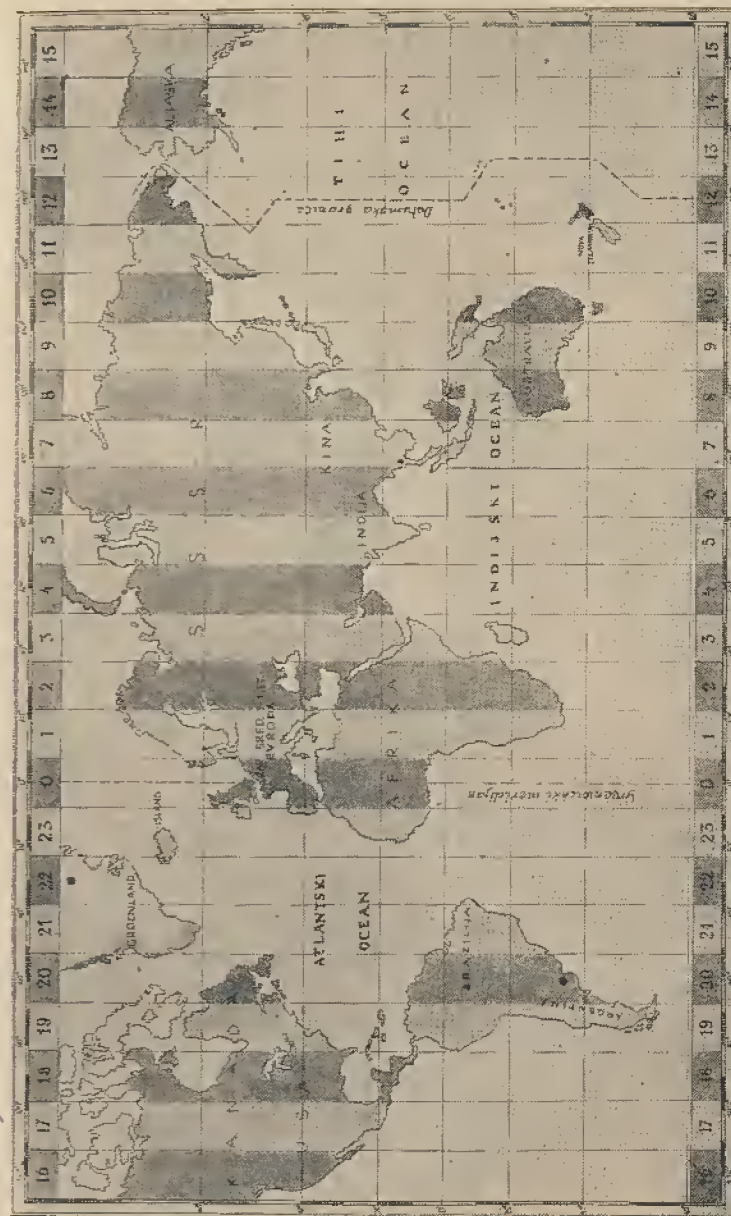


# VREMENSKE ZONE

| Vrijeme | Oznaka zone                       | Ime zemlje  | Vrijeme | Oznaka zone            | Ime zemlje   |
|---------|-----------------------------------|---|---------|------------------------|--|
| 0 h     | Zapadno-evropsko vrijeme          | Velika Britanija, Belgija, Francuska, Pirenejski poluotok, Alžir                    | 12 h    | —                      | Fidži otoci  |
| 1 h     | Srednje evropsko vrijeme          | Skandinavija, srednja Evropa, Italija, Balkan, Iran, Afrika                         | 13 h    | Samoa Standard Time    | Samoa, Aleuti, Alaska zap. od 162° zap. dölj., Hawajl                        |
| 2 h     | Istočno-evropsko vrijeme          | Istočno-evropske države, Finska, Grčka, Turska, Palestina, Egipat, Brit. Afrika **) | 14 h    | —                      | Alaska između 141°—162° döljine  |
| 3 h     | —                                 | Evropska Rusija zapadno od dölj. 46°, Somalija, Eritreja, Madagaskar **)            | 15 h    | Alaska Standard Time   | Alaska istočno od 141° zap. döljine, Yukon                                   |
| 4 h     | —                                 | Evropska Rusija 46°—52°30' ist. döljine, Mauritius *)                               | 16 h    | Pacifič Standard Time  | Zapad. obala USA i Kanade, sjev. Mexico                                      |
| 5 h     | —                                 | Pred. Indija. **)   | 17 h    | Mountain Standard Time | Gorski dijelovi USA i Kanade   |
| 6 h     | —                                 | Ceylon **)  | 18 h    | Central Standard Time  | Centralni dijelovi USA i Kanade, juž. Mexico, Honduras                       |
| 7 h     | Južnokinesko primorsko vrijeme    | Barina **)  | 19 h    | Eastern Standard Time  | Istoč. obala USA, Panama, Peru, Ekvador, Bolivija, Kolumbija, zap. Brazilija |
| 8 h     | Istočno-kinesko primorsko vrijeme | Indokina, Siam, Indonezija **)  | 20 h    | Atlantič Standard Time | Čile, Bolivija, srednja Brazilija, Argentina, Antili, istočna Kanada         |
| 9 h     | Srednje japansko vrijeme          | Zap. Australija, Filipini, Celebes, istočno kinesko primorje                        | 21 h    | —                      | Istočna Brazilija, zap. Grönland   |
| 10 h    | Istočno-australsko vrijeme        | Japan, Koreja, J. Australija **)  | 22 h    | —                      | Istočni Grönland, Azori, Cap Verde otoci                                     |
| 11 h    | —                                 | Istoč. Australija, Tasmanija, Karolinj. Nova Gvineja                                | 23 h    | —                      | Island, zap. Afrika  |
|         |                                   | New Zealand **)   |         |                        |  |

\*) U cijelom SSSR vrijedi i. zv. dekretno vrijeme, po kojemu su svi satovi pomaknuti 1 h naprijed.

\*\*) Zakonito vrijeme u toj zemlji je za pola sata veće nego zonalno.





# GEOGRAFSKE KÓORDINATE

| Redni broj | Mjesto               | Nad-<br>morska<br>visina | Sjeverna<br>širina | Duljina istočno<br>od Greenwicha |           | Razlika<br>SEV i<br>mjesnog<br>vremena |
|------------|----------------------|--------------------------|--------------------|----------------------------------|-----------|--|
|            |                      |                          |                    | u stupnjima                      | u vremenu |  |
| 1          | Banja Luka . . .     | 161                      | 44 46 23           | 17 11 45                         | 1 08 47.0 | - 8 47.0                               |
| 2          | Beograd . . .        | —*)                      | 44 49 17           | 20 27 20                         | 1 21 49.3 | - 21 49.3                              |
| 3          | Bihać . . .          | 231                      | 44 40 00           | 18 12 27                         | 1 12 49.5 | - 12 49.5                              |
| 4          | Bitolj . . .         | 506                      | 41 01 50           | 21 20 44                         | 1 25 22.9 | - 25 22.9                              |
| 5          | Bjelovar . . .       | 135                      | 45 53 56           | 10 50 49                         | 1 07 23.2 | - 7 23.2                               |
| 6          | Celje . . .          | 241                      | 46 13 40           | 15 16 05                         | 1 01 01.3 | - 1 04.3                               |
| 7          | Oetinje . . .        | 725                      | 42 23 09           | 18 55 20                         | 1 15 41.9 | - 15 41.9                              |
| 8          | Dubrovnik . . .      | 4                        | 42 38 34           | 18 06 43                         | 1 12 26.9 | - 12 26.9                              |
| 9          | Gorica . . .         | 86                       | 45 56 35           | 13 37 44                         | 0 51 20.9 | + 5 29.1                               |
| 10         | Gostivar . . .       | 326                      | 41 47 50           | 20 55 12                         | 1 23 10.8 | - 23 40.8                              |
| 11         | Jajce . . .          | 379                      | 44 20 40           | 17 16 40                         | 1 00 08.7 | - 9 06.7                               |
| 12         | Karlovac . . .       | 112                      | 45 29 34           | 15 33 31                         | 1 02 14.1 | - 2 14.1                               |
| 13         | Kos. Mitrovica . . . | 506                      | 42 53 09           | 20 52 36                         | 1 23 30.4 | - 23 30.4                              |
| 14         | Kragujevac . . .     | 213                      | 44 00 43           | 20 55 03                         | 1 23 40.2 | - 23 40.2                              |
| 15         | Kumanovo . . .       | 358                      | 42 08 15           | 21 43 12                         | 1 25 52.8 | - 25 52.8                              |
| 16         | Ljubljana . . .      | 208                      | 46 03 09           | 14 31 13                         | 0 58 07.2 | + 1 51.8                               |
| 17         | Maribor . . .        | 274                      | 46 33 34           | 15 33 50                         | 1 02 35.9 | - 2 35.9                               |
| 18         | Moslar . . .         | 67                       | 43 20 40           | 17 43 36                         | 1 11 14.4 | - 11 14.4                              |
| 19         | Niš . . .            | 225                      | 42 18 54           | 21 54 07                         | 1 27 36.5 | - 27 36.5                              |
| 20         | Novi Sad . . .       | 80                       | 45 15 28           | 19 51 11                         | 1 10 22.7 | - 19 22.7                              |
| 21         | Osljeck . . .        | 94                       | 45 33 41           | 18 42 09                         | 1 14 48.6 | - 14 48.6                              |
| 22         | Peć . . .            | 505                      | 42 30 30           | 20 18 23                         | 1 21 13.5 | - 21 13.5                              |
| 23         | Postojna . . .       | 876                      | 45 46 47           | 14 12 51                         | 0 58 51.1 | + 3 08.0                               |
| 24         | Prilep . . .         | 648                      | 41 20 45           | 21 33 37                         | 1 26 14.5 | - 26 14.5                              |
| 25         | Prizren . . .        | 405                      | 42 12 50           | 20 41 32                         | 1 22 58.1 | - 22 58.1                              |
| 26         | Pula . . .           | 32                       | 44 51 49           | 13 50 44                         | 0 55 22.9 | + 1 37.1                               |
| 27         | Rijeka . . .         | 3                        | 45 19 38           | 14 26 44                         | 0 57 46.9 | + 2 13.1                               |
| 28         | Sarajevo . . .       | 537                      | 43 51 30           | 18 25 33                         | 1 13 12.5 | - 13 42.5                              |
| 29         | Skopje . . .         | 242                      | 42 00 07           | 21 20 45                         | 1 25 47.2 | - 25 47.2                              |
| 30         | Split . . .          | 9                        | 43 39 40           | 16 26 28                         | 1 05 15.8 | - 5 45.8                               |
| 31         | Subotica . . .       | 114                      | 46 06 00           | 19 40 12                         | 1 18 40.8 | - 18 40.8                              |
| 32         | Štip . . .           | 303                      | 41 44 36           | 22 13 16                         | 1 28 53.1 | - 28 53.1                              |
| 33         | Tetovo . . .         | 486                      | 42 00 41           | 20 59 28                         | 1 23 57.9 | - 23 57.9                              |
| 34         | Titograd . . .       | 62                       | 42 26 07           | 19 15 55                         | 1 17 02.6 | - 17 02.6                              |
| 35         | Titovo Užice . . .   | 411                      | 43 51 21           | 19 51 06                         | 1 19 24.0 | - 19 24.0                              |
| 36         | Trst . . .           | 68                       | 45 38 36           | 13 46 14                         | 0 55 04.9 | + 4 55.1                               |
| 37         | Tuzla . . .          | 232                      | 44 32 17           | 18 41 03                         | 1 14 44.2 | - 14 44.2                              |
| 38         | Varaždin . . .       | 173                      | 46 18 28           | 16 20 33                         | 1 05 22.2 | - 5 22.2                               |
| 39         | Zagreb . . .         | 185                      | 45 45 58           | 15 59 00                         | 1 03 56.0 | - 3 56.0                               |
| 40         | Zaječar . . .        | 128                      | 43 54 13           | 22 16 50                         | 1 29 07.3 | - 29 07.3                              |

\*) Zelj. stanica 78 m

ZADAR

44° 46' 23" 15° 13' 53" 1 08 47.0

# UPOTREBA TABLICA LOGARITAMA, SINUSA I TANGENSA

1. Tablice logaritama, antilogaritama, prirodnih sinusa i tangensa koje slijede na str. 144—151 omogućavaju nam, da izvedemo račune potrebne kod primjene podataka ovog almanaha na rješavanje raznih astronomskih zadataka. Uzmimo kao primjer određivanje prividnog mjesta zvijezde  $\alpha$  Lava (Regulus) sa str. 119.

Trebamo najprije odrediti  $\log \operatorname{tg} \delta$ , gdje je  $\delta = 12^{\circ}207$ . U tablici »Prirodni tangensi« na str. 150 nalazimo u retku 12 a stupcu  $2^{\circ}$  broj 0'2162, u stupcu  $3^{\circ}$  broj 0'2180. Prema tome se vrijednost tangensa mijenja sa 0'0018, ako se kut promijeni za  $0'1^{\circ}$ . Za razliku od 0'007 dobivamo onda 0'0001. Dakle je  $\operatorname{tg} \delta = \operatorname{tg} 12^{\circ}207 = 0'2163$ .

Sad potražimo logaritam tog broja u tablici »Mantise logaritama« na str. 144. Karakteristika logaritma je 9 cijelih —10. U retku 21 a stupcu 6 nalazimo mantisu 3345. Razliku mantise za četvrtu znamenku 3'zadanog broja nalazimo na desnom kraju cijele tablice u stupcu pod brojem 3, dakle u našem retku broj 6. Prema tome je  $\log 0'2163 = \log \operatorname{tg} 12^{\circ}207 = -9'3351$  (—10). Taj je rezultat naveden na str. 119.

2. Kad smo tako u istom primjeru našli na pr. vrijednost izraza  $\log (g. \sin (G + \alpha_0) \cdot \operatorname{tg} \delta) = 0'3432$ , treba naći antilogaritmiranjem sam numerus  $g. \sin (G + \alpha_0) \cdot \operatorname{tg} \delta$ . U tu svrhu uzmemo tablicu »Antilogaritmi« na str. 146 i nalazimo u retku 0'34 (stupca »Log«) a stupcu 3 broj 2203. Na desnom kraju iste tablice u istom retku nalazimo posljednju znamenku zadanog logaritma 2 u stupcu, koji odgovara brojki 3 ili 4. Dakle je vrijednost traženog izraza 2'206 ili 2'207 (broj cijelih mjesta određen je prema karakteristici 0 zadanog logaritma). Podijelimo li taj broj još sa 15, dobivamo u oba slučaja na tri decimale točno baš kao na str. 119:

$$\frac{1}{15} \cdot g. \sin (G + \alpha_0) \cdot \operatorname{tg} \delta = 0'147.$$

3. Trebamo li neku drugu trigonometrijsku funkciju osim  $\sin$  ili  $\operatorname{tg}$ , na pr.  $\cos \delta = \cos 12^{\circ}207$  možemo se najzgodnije poslužiti vezom  $\operatorname{tg} \delta = \frac{\sin \delta}{\cos \delta}$ , dakle  $\sin \delta : \operatorname{tg} \delta = \cos \delta$ .

Za  $\sin 12^{\circ}207$  nalazimo u tablici »Prirodni sinusi« na str. 148 u retku 12 a stupcu  $2^{\circ}$  broj 0'2113. U stupcu  $3^{\circ}$  je 0'2130, razlika za  $0'1^{\circ}$  je 0'0017, dakle za 0'007 izlazi 0'0001. Prema tome je  $\sin \delta = \sin 12^{\circ}207 = 0'2114$ .

Sad nalazimo direktno dijeljenjem  $\sin \delta : \operatorname{tg} \delta = \cos \delta = \cos 12^{\circ}207 = 0'9773$ .

Možemo i logaritmima, od kojih  $\log \operatorname{tg} \delta$  već imamo:  $9'3351$ —10. Jednako kao prije nalazimo  $\log \sin \delta = \log \sin 12^{\circ}207 = 9'3251$  (str. 119). je prema točnijim tablicama ovaj broj 9'3252, dakle  $\log \cos \delta = \log \sin \delta - \log \operatorname{tg} \delta = (9'3252 - 10) - (9'3351 - 10) = 9'9901$ —10. Anti-logaritam je prema str. 147 u retku 0'99 a stupcu 0, nakon korektura za četvrtu decimalu, isti: 0'9773.

## MANTISE LOGARITAMA

| Pur. b. | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 1 | 2 | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 10      | 0000 | 0043 | 0086 | 0128 | 0170 | 0212 | 0253 | 0294 | 0334 | 0374 | 4 | 8 | 12 | 17 | 21 | 25 | 29 | 33 | 37 |
| 11      | 0414 | 0453 | 0492 | 0531 | 0569 | 0607 | 0645 | 0682 | 0719 | 0755 | 4 | 8 | 11 | 15 | 19 | 23 | 26 | 30 | 34 |
| 12      | 0792 | 0828 | 0864 | 0899 | 0934 | 0969 | 1004 | 1038 | 1072 | 1106 | 3 | 7 | 10 | 14 | 17 | 21 | 24 | 28 | 31 |
| 13      | 1139 | 1173 | 1206 | 1239 | 1271 | 1303 | 1335 | 1367 | 1399 | 1430 | 3 | 6 | 10 | 13 | 16 | 19 | 23 | 26 | 29 |
| 14      | 1461 | 1492 | 1523 | 1553 | 1584 | 1614 | 1644 | 1673 | 1703 | 1732 | 3 | 6 | 9  | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 |
| 15      | 1761 | 1790 | 1818 | 1847 | 1875 | 1903 | 1931 | 1959 | 1987 | 2014 | 3 | 6 | 8  | 11 | 14 | 17 | 20 | 22 | 25 |
| 16      | 2041 | 2068 | 2095 | 2122 | 2148 | 2175 | 2201 | 2227 | 2253 | 2279 | 3 | 5 | 8  | 11 | 13 | 16 | 18 | 21 | 24 |
| 17      | 2304 | 2330 | 2355 | 2380 | 2405 | 2430 | 2455 | 2480 | 2504 | 2529 | 2 | 5 | 7  | 10 | 12 | 15 | 17 | 20 | 22 |
| 18      | 2553 | 2577 | 2601 | 2625 | 2648 | 2672 | 2695 | 2718 | 2742 | 2765 | 2 | 5 | 7  | 9  | 12 | 14 | 16 | 19 | 21 |
| 19      | 2788 | 2810 | 2833 | 2856 | 2878 | 2900 | 2923 | 2945 | 2967 | 2989 | 2 | 4 | 7  | 9  | 11 | 13 | 16 | 18 | 20 |
| 20      | 3010 | 3032 | 3054 | 3075 | 3096 | 3118 | 3139 | 3160 | 3181 | 3201 | 2 | 4 | 6  | 8  | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 |
| 21      | 3222 | 3243 | 3263 | 3284 | 3304 | 3324 | 3345 | 3365 | 3385 | 3404 | 2 | 4 | 6  | 8  | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| 22      | 3424 | 3444 | 3464 | 3483 | 3502 | 3522 | 3541 | 3560 | 3579 | 3598 | 2 | 4 | 6  | 8  | 10 | 12 | 14 | 15 | 17 |
| 23      | 3617 | 3636 | 3655 | 3674 | 3692 | 3711 | 3729 | 3747 | 3766 | 3784 | 2 | 4 | 6  | 7  | 9  | 11 | 13 | 15 | 17 |
| 24      | 3802 | 3820 | 3838 | 3856 | 3874 | 3892 | 3909 | 3927 | 3945 | 3962 | 2 | 4 | 5  | 7  | 9  | 11 | 12 | 14 | 16 |
| 25      | 3979 | 3997 | 4014 | 4031 | 4048 | 4065 | 4082 | 4099 | 4116 | 4133 | 2 | 3 | 5  | 7  | 9  | 10 | 12 | 14 | 15 |
| 26      | 4150 | 4166 | 4183 | 4200 | 4216 | 4232 | 4249 | 4265 | 4281 | 4298 | 2 | 3 | 5  | 7  | 8  | 10 | 11 | 13 | 15 |
| 27      | 4314 | 4330 | 4346 | 4362 | 4378 | 4393 | 4409 | 4425 | 4440 | 4456 | 2 | 3 | 5  | 6  | 8  | 9  | 11 | 13 | 14 |
| 28      | 4472 | 4487 | 4502 | 4518 | 4533 | 4548 | 4564 | 4579 | 4594 | 4609 | 2 | 3 | 5  | 6  | 8  | 9  | 11 | 12 | 14 |
| 29      | 4624 | 4639 | 4654 | 4669 | 4683 | 4698 | 4713 | 4728 | 4742 | 4757 | 1 | 3 | 4  | 6  | 7  | 9  | 10 | 12 | 13 |
| 30      | 4771 | 4786 | 4800 | 4814 | 4829 | 4843 | 4857 | 4871 | 4886 | 4900 | 1 | 3 | 4  | 6  | 7  | 9  | 10 | 11 | 13 |
| 31      | 4914 | 4928 | 4942 | 4955 | 4969 | 4983 | 4997 | 5011 | 5024 | 5038 | 1 | 3 | 4  | 6  | 7  | 8  | 10 | 11 | 12 |
| 32      | 5051 | 5065 | 5079 | 5092 | 5105 | 5119 | 5132 | 5145 | 5159 | 5172 | 1 | 3 | 4  | 5  | 7  | 8  | 9  | 11 | 12 |
| 33      | 5185 | 5198 | 5211 | 5224 | 5237 | 5250 | 5263 | 5276 | 5289 | 5302 | 1 | 3 | 4  | 5  | 6  | 8  | 9  | 10 | 12 |
| 34      | 5315 | 5328 | 5340 | 5353 | 5366 | 5378 | 5391 | 5403 | 5416 | 5428 | 1 | 3 | 4  | 5  | 6  | 8  | 9  | 10 | 11 |
| 35      | 5441 | 5453 | 5465 | 5478 | 5490 | 5502 | 5514 | 5527 | 5539 | 5551 | 1 | 2 | 4  | 5  | 6  | 7  | 9  | 10 | 11 |
| 36      | 5563 | 5575 | 5587 | 5599 | 5611 | 5623 | 5635 | 5647 | 5658 | 5670 | 1 | 2 | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 10 | 11 |
| 37      | 5682 | 5694 | 5705 | 5717 | 5729 | 5740 | 5752 | 5763 | 5775 | 5786 | 1 | 2 | 3  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
| 38      | 5798 | 5809 | 5821 | 5832 | 5843 | 5855 | 5866 | 5877 | 5888 | 5899 | 1 | 2 | 3  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
| 39      | 5911 | 5922 | 5933 | 5944 | 5955 | 5966 | 5977 | 5988 | 5999 | 6010 | 1 | 2 | 3  | 4  | 5  | 7  | 8  | 9  | 10 |
| 40      | 6021 | 6031 | 6042 | 6053 | 6064 | 6075 | 6085 | 6096 | 6107 | 6117 | 1 | 2 | 3  | 4  | 5  | 6  | 8  | 9  | 10 |
| 41      | 6128 | 6138 | 6149 | 6160 | 6170 | 6180 | 6191 | 6201 | 6212 | 6222 | 1 | 2 | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
| 42      | 6232 | 6243 | 6253 | 6263 | 6274 | 6284 | 6294 | 6304 | 6314 | 6325 | 1 | 2 | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
| 43      | 6335 | 6345 | 6355 | 6365 | 6375 | 6385 | 6395 | 6405 | 6415 | 6425 | 1 | 2 | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
| 44      | 6435 | 6444 | 6454 | 6464 | 6474 | 6484 | 6493 | 6503 | 6513 | 6522 | 1 | 2 | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
| 45      | 6532 | 6542 | 6551 | 6561 | 6571 | 6580 | 6590 | 6599 | 6609 | 6618 | 1 | 2 | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
| 46      | 6628 | 6637 | 6646 | 6656 | 6665 | 6675 | 6684 | 6693 | 6702 | 6712 | 1 | 2 | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 7  | 8  |
| 47      | 6721 | 6730 | 6739 | 6749 | 6758 | 6767 | 6776 | 6785 | 6794 | 6803 | 1 | 2 | 3  | 4  | 5  | 5  | 6  | 7  | 8  |
| 48      | 6812 | 6821 | 6830 | 6839 | 6848 | 6857 | 6866 | 6875 | 6884 | 6893 | 1 | 2 | 3  | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
| 49      | 6902 | 6911 | 6920 | 6928 | 6937 | 6946 | 6955 | 6964 | 6972 | 6981 | 1 | 2 | 3  | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
| 50      | 6990 | 6998 | 7007 | 7016 | 7024 | 7033 | 7042 | 7050 | 7059 | 7067 | 1 | 2 | 3  | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
| 51      | 7076 | 7084 | 7093 | 7101 | 7110 | 7118 | 7126 | 7135 | 7143 | 7152 | 1 | 2 | 3  | 3  | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  |
| 52      | 7160 | 7168 | 7177 | 7185 | 7193 | 7202 | 7210 | 7218 | 7226 | 7235 | 1 | 2 | 2  | 3  | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  |
| 53      | 7243 | 7251 | 7259 | 7267 | 7275 | 7284 | 7292 | 7300 | 7308 | 7316 | 1 | 2 | 2  | 3  | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  |
| 54      | 7324 | 7332 | 7340 | 7348 | 7356 | 7364 | 7372 | 7380 | 7388 | 7396 | 1 | 2 | 2  | 3  | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  |
| 0       | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 1 | 2 | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |

## MANTISE LOGARITAMA

| Pur. b. | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 55      | 7404 | 7412 | 7419 | 7427 | 7435 | 7443 | 7451 | 7459 | 7466 | 7474 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| 56      | 7482 | 7490 | 7497 | 7505 | 7513 | 7520 | 7528 | 7536 | 7543 | 7551 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| 57      | 7559 | 7566 | 7574 | 7582 | 7589 | 7597 | 7604 | 7612 | 7619 | 7627 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| 58      | 7634 | 7642 | 7649 | 7657 | 7664 | 7672 | 7679 | 7686 | 7694 | 7701 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 59      | 7709 | 7716 | 7723 | 7731 | 7738 | 7745 | 7752 | 7760 | 7767 | 7774 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 60      | 7782 | 7789 | 7796 | 7803 | 7810 | 7818 | 7825 | 7832 | 7839 | 7846 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| 61      | 7853 | 7860 | 7868 | 7875 | 7882 | 7889 | 7896 | 7903 | 7910 | 7917 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| 62      | 7924 | 7931 | 7938 | 7945 | 7952 | 7959 | 7966 | 7973 | 7980 | 7987 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| 63      | 7993 | 8000 | 8007 | 8014 | 8021 | 8028 | 8035 | 8041 | 8048 | 8055 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| 64      | 8062 | 8069 | 8075 | 8082 | 8089 | 8096 | 8102 | 8109 | 8116 | 8122 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| 65      | 8129 | 8136 | 8142 | 8149 | 8156 | 8162 | 8169 | 8176 | 8182 | 8189 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| 66      | 8195 | 8202 | 8209 | 8215 | 8222 | 8228 | 8235 | 8241 | 8248 | 8254 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| 67      | 8261 | 8267 | 8274 | 8280 | 8287 | 8293 | 8299 | 8306 | 8312 | 8319 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 |
| 68      | 8325 | 8331 | 8338 | 8344 | 8351 | 8357 | 8363 | 8370 | 8376 | 8382 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| 69      | 8388 | 8395 | 8401 | 8407 | 8414 | 8420 | 8426 | 8432 | 8439 | 8445 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| 70      | 8451 | 8457 | 8463 | 8470 | 8476 | 8482 | 8488 | 8494 | 8500 | 8506 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| 71      | 8513 | 8519 | 8525 | 8531 | 8537 | 8543 | 8549 | 8555 | 8561 | 8567 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 72      | 8573 | 8579 | 8585 | 8591 | 8597 | 8603 | 8609 | 8615 | 8621 | 8627 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 73      | 8633 | 8639 | 8645 | 8651 | 8657 | 8663 | 8669 | 8675 | 8681 | 8686 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 74      | 8692 | 8698 | 8704 | 8710 | 8716 | 8722 | 8727 | 8733 | 8739 | 8745 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 75      | 8751 | 8756 | 8762 | 8768 | 8774 | 8779 | 8785 | 8791 | 8797 | 8802 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| 76      | 8808 | 8814 | 8820 | 8825 | 8831 | 8837 | 8842 | 8848 | 8854 | 8859 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| 77      | 8865 | 8871 | 8876 | 8882 | 8887 | 8893 | 8899 | 8904 | 8910 | 8915 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 78      | 8921 | 8927 | 8932 | 8938 | 8943 | 8949 | 8954 | 8960 | 8965 | 8971 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 79      | 8976 | 8982 | 8987 | 8993 | 8998 | 9004 | 9009 | 9015 | 9020 | 9025 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 80      | 9031 | 9036 | 9042 | 9047 | 9053 | 9058 | 9063 | 9069 | 9074 | 9079 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 81      | 9085 | 9090 | 9096 | 9101 | 9106 | 9112 | 9117 | 9122 | 9128 | 9133 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 82      | 9138 | 9143 | 9149 | 9154 | 9159 | 9165 | 9170 | 9175 | 9180 | 9186 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 83      | 9191 | 9196 | 9201 | 9206 | 9212 | 9217 | 9222 | 9227 | 9232 | 9238 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 84      | 9243 | 9248 | 9253 | 9258 | 9263 | 9269 | 9274 | 9279 | 9284 | 9289 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 85      | 9294 | 9299 | 9304 | 9309 | 9315 | 9320 | 9325 | 9330 | 9335 | 9340 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 86      | 9345 | 9350 | 9355 | 9360 | 9365 | 9370 | 9375 | 9380 | 9385 | 9390 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 87      | 9395 | 9400 | 9405 | 9410 | 9415 | 9420 | 9425 | 9430 | 9435 | 9440 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 88      | 9445 | 9450 | 9455 | 9460 | 9465 | 9469 | 9474 | 9479 | 9484 | 9489 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 89      | 9494 | 9499 | 9504 | 9509 | 9513 | 9518 | 9523 | 9528 | 9533 | 9538 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 90      | 9542 | 9547 | 9552 | 9557 | 9562 | 9566 | 9571 | 9576 | 9581 | 9586 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 91      | 9590 | 9595 | 9600 | 9605 | 9609 | 9614 | 9619 | 9624 | 9628 | 9633 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 92      | 9638 | 9643 | 9647 | 9652 | 9657 | 9661 | 9666 | 9671 | 9675 | 9680 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 93      | 9685 | 9689 | 9694 | 9699 | 9703 | 9708 | 9713 | 9717 | 9722 | 9727 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 94      | 9731 | 9736 | 9741 | 9745 | 9750 | 9754 | 9759 | 9763 | 9768 | 9773 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 95      | 9777 | 9782 | 9786 | 9791 | 9795 | 9800 | 9805 | 9809 | 9814 | 9818 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 96      | 9823 | 9827 | 9832 | 9837 | 9841 | 9845 | 9850 | 9854 | 9859 | 9863 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 97      | 9868 | 9872 | 9877 | 9881 | 9886 | 9890 | 9894 | 9899 | 9903 | 9908 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 98      | 9912 | 9917 | 9921 | 9926 | 9930 | 9934 | 9939 | 9943 | 9948 | 9952 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 99      | 9956 | 9961 | 9965 | 9969 | 9974 | 9978 | 9983 | 9987 | 9991 | 9996 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
|         | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |



ANTILOGARITMI

| Log. | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 00   | 1000 | 1002 | 1005 | 1007 | 1009 | 1012 | 1014 | 1016 | 1019 | 1021 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 01   | 1023 | 1026 | 1028 | 1030 | 1033 | 1035 | 1038 | 1040 | 1042 | 1045 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 02   | 1047 | 1050 | 1052 | 1054 | 1057 | 1059 | 1062 | 1064 | 1067 | 1069 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 03   | 1072 | 1074 | 1076 | 1079 | 1081 | 1084 | 1086 | 1089 | 1091 | 1094 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 04   | 1096 | 1099 | 1102 | 1104 | 1107 | 1109 | 1112 | 1114 | 1117 | 1119 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 05   | 1122 | 1125 | 1127 | 1130 | 1132 | 1135 | 1138 | 1140 | 1143 | 1146 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 06   | 1148 | 1151 | 1153 | 1156 | 1159 | 1161 | 1164 | 1167 | 1169 | 1172 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 07   | 1175 | 1178 | 1180 | 1183 | 1186 | 1189 | 1191 | 1194 | 1197 | 1199 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 08   | 1202 | 1205 | 1208 | 1211 | 1213 | 1216 | 1219 | 1222 | 1225 | 1227 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 09   | 1230 | 1233 | 1236 | 1239 | 1242 | 1245 | 1247 | 1250 | 1253 | 1256 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 10   | 1259 | 1262 | 1265 | 1268 | 1271 | 1274 | 1276 | 1279 | 1282 | 1285 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 11   | 1288 | 1291 | 1294 | 1297 | 1300 | 1303 | 1306 | 1309 | 1312 | 1315 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 12   | 1318 | 1321 | 1324 | 1327 | 1330 | 1334 | 1337 | 1340 | 1343 | 1346 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 13   | 1349 | 1352 | 1355 | 1358 | 1361 | 1365 | 1368 | 1371 | 1374 | 1377 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 14   | 1380 | 1384 | 1387 | 1390 | 1393 | 1396 | 1400 | 1403 | 1406 | 1409 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 15   | 1413 | 1416 | 1419 | 1422 | 1426 | 1429 | 1432 | 1435 | 1439 | 1442 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 16   | 1445 | 1449 | 1452 | 1455 | 1459 | 1462 | 1466 | 1469 | 1472 | 1476 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 17   | 1479 | 1483 | 1486 | 1489 | 1493 | 1496 | 1500 | 1503 | 1507 | 1510 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 18   | 1514 | 1517 | 1521 | 1524 | 1528 | 1531 | 1535 | 1538 | 1542 | 1545 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 19   | 1549 | 1552 | 1556 | 1560 | 1563 | 1567 | 1570 | 1574 | 1578 | 1581 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 20   | 1585 | 1589 | 1592 | 1596 | 1600 | 1603 | 1607 | 1611 | 1614 | 1618 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 21   | 1622 | 1626 | 1629 | 1633 | 1637 | 1641 | 1644 | 1648 | 1652 | 1656 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 22   | 1660 | 1663 | 1667 | 1671 | 1675 | 1679 | 1683 | 1687 | 1690 | 1694 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 23   | 1698 | 1702 | 1706 | 1710 | 1714 | 1718 | 1722 | 1726 | 1730 | 1734 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 24   | 1738 | 1742 | 1746 | 1750 | 1754 | 1758 | 1762 | 1766 | 1770 | 1774 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 25   | 1778 | 1782 | 1786 | 1791 | 1795 | 1799 | 1803 | 1807 | 1811 | 1816 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 26   | 1820 | 1824 | 1828 | 1832 | 1837 | 1841 | 1845 | 1849 | 1854 | 1858 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 27   | 1862 | 1866 | 1871 | 1875 | 1879 | 1884 | 1888 | 1892 | 1897 | 1901 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 28   | 1905 | 1910 | 1914 | 1919 | 1923 | 1928 | 1932 | 1936 | 1941 | 1945 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 29   | 1950 | 1954 | 1959 | 1963 | 1968 | 1972 | 1977 | 1982 | 1986 | 1991 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 30   | 1995 | 2000 | 2004 | 2009 | 2014 | 2018 | 2023 | 2028 | 2032 | 2037 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 31   | 2042 | 2046 | 2051 | 2056 | 2061 | 2065 | 2070 | 2075 | 2080 | 2084 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 32   | 2089 | 2094 | 2099 | 2104 | 2109 | 2113 | 2118 | 2123 | 2128 | 2133 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 33   | 2138 | 2143 | 2148 | 2153 | 2158 | 2163 | 2168 | 2173 | 2178 | 2183 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 34   | 2188 | 2193 | 2198 | 2203 | 2208 | 2213 | 2218 | 2223 | 2228 | 2234 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 35   | 2239 | 2244 | 2249 | 2254 | 2259 | 2265 | 2270 | 2275 | 2280 | 2286 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 36   | 2291 | 2296 | 2301 | 2307 | 2312 | 2317 | 2323 | 2328 | 2333 | 2339 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 37   | 2344 | 2350 | 2355 | 2360 | 2366 | 2371 | 2377 | 2382 | 2388 | 2393 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 38   | 2399 | 2404 | 2410 | 2415 | 2421 | 2427 | 2432 | 2438 | 2443 | 2449 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 39   | 2455 | 2460 | 2466 | 2472 | 2477 | 2483 | 2489 | 2495 | 2500 | 2506 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 40   | 2512 | 2518 | 2523 | 2529 | 2535 | 2541 | 2547 | 2553 | 2559 | 2564 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 41   | 2570 | 2576 | 2582 | 2588 | 2594 | 2600 | 2606 | 2612 | 2618 | 2624 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 42   | 2630 | 2636 | 2642 | 2649 | 2655 | 2661 | 2667 | 2673 | 2679 | 2685 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 43   | 2692 | 2698 | 2704 | 2710 | 2716 | 2723 | 2729 | 2735 | 2742 | 2748 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 44   | 2754 | 2761 | 2767 | 2773 | 2780 | 2786 | 2793 | 2799 | 2805 | 2812 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 45   | 2818 | 2825 | 2831 | 2838 | 2844 | 2851 | 2858 | 2864 | 2871 | 2877 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 46   | 2884 | 2891 | 2897 | 2904 | 2911 | 2917 | 2924 | 2931 | 2938 | 2944 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 47   | 2951 | 2958 | 2965 | 2972 | 2979 | 2985 | 2992 | 2999 | 3006 | 3013 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 48   | 3020 | 3027 | 3034 | 3041 | 3048 | 3055 | 3062 | 3069 | 3076 | 3083 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 49   | 3090 | 3097 | 3105 | 3112 | 3119 | 3126 | 3133 | 3141 | 3148 | 3155 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |   |

ANTILOGARITMI

| Log. | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50   | 3162 | 3170 | 3177 | 3184 | 3192 | 3199 | 3206 | 3214 | 3221 | 3228 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 51   | 3236 | 3243 | 3251 | 3258 | 3265 | 3273 | 3281 | 3289 | 3296 | 3304 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 52   | 3311 | 3319 | 3327 | 3334 | 3342 | 3350 | 3357 | 3365 | 3373 | 3381 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 53   | 3388 | 3395 | 3404 | 3412 | 3420 | 3428 | 3436 | 3443 | 3451 | 3459 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 54   | 3467 | 3475 | 3483 | 3491 | 3499 | 3508 | 3516 | 3524 | 3532 | 3540 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 55   | 3548 | 3556 | 3565 | 3573 | 3581 | 3589 | 3597 | 3606 | 3614 | 3622 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 56   | 3631 | 3639 | 3648 | 3656 | 3664 | 3673 | 3681 | 3690 | 3698 | 3707 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 57   | 3715 | 3724 | 3733 | 3741 | 3750 | 3758 | 3767 | 3776 | 3784 | 3793 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 58   | 3802 | 3811 | 3819 | 3828 | 3837 | 3846 | 3855 | 3864 | 3873 | 3882 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 59   | 3890 | 3899 | 3908 | 3917 | 3926 | 3936 | 3945 | 3954 | 3963 | 3972 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 60   | 3981 | 3990 | 3999 | 4009 | 4018 | 4027 | 4036 | 4046 | 4055 | 4064 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 61   | 4074 | 4083 | 4093 | 4102 | 4111 | 4121 | 4130 | 4140 | 4150 | 4159 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 62   | 4169 | 4178 | 4188 | 4198 | 4207 | 4217 | 4227 | 4236 | 4246 | 4256 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 63   | 4266 | 4276 | 4285 | 4295 | 4305 | 4315 | 4325 | 4335 | 4345 | 4355 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 64   | 4365 | 4375 | 4385 | 4395 | 4406 | 4416 | 4426 | 4436 | 4446 | 4457 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 65   | 4467 | 4477 | 4487 | 4498 | 4508 | 4519 | 4529 | 4539 | 4550 | 4560 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 66   | 4571 | 4581 | 4592 | 4603 | 4613 | 4624 | 4634 | 4645 | 4656 | 4667 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 67   | 4677 | 4688 | 4699 | 4710 | 4721 | 4732 | 4742 | 4753 | 4764 | 4775 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 68   | 4786 | 4797 | 4808 | 4819 | 4831 | 4842 | 4853 | 4864 | 4875 | 4887 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 69   | 4898 | 4909 | 4920 | 4932 | 4943 | 4955 | 4966 | 4977 | 4989 | 5000 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 70   | 5012 | 5023 | 5035 | 5047 | 5058 | 5070 | 5082 | 5093 | 5105 | 5117 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 71   | 5129 | 5140 | 5152 | 5164 | 5176 | 5188 | 5200 | 5212 | 5224 | 5236 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 72   | 5248 | 5260 | 5272 | 5284 | 5297 | 5309 | 5321 | 5333 | 5345 | 5358 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 73   | 5370 | 5383 | 5395 | 5408 | 5420 | 5433 | 5445 | 5458 | 5470 | 5483 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 74   | 5495 | 5508 | 5521 | 5534 | 5546 | 5559 | 5572 | 5585 | 5598 | 5610 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 75   | 5623 | 5636 | 5649 | 5662 | 5675 | 5689 | 5702 | 5715 | 5728 | 5741 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 76   | 5754 | 5767 | 5781 | 5794 | 5808 | 5821 | 5834 | 5848 | 5861 | 5875 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 77   | 5888 | 5902 | 5916 | 5929 | 5943 | 5957 | 5970 | 5984 | 5998 | 6012 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 78   | 6026 | 6039 | 6053 | 6067 | 6081 | 6095 | 6109 | 6124 | 6138 | 6152 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 79   | 6166 | 6180 | 6194 | 6209 | 6223 | 6237 | 6252 | 6266 | 6281 | 6295 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 80   | 6310 | 6324 | 6339 | 6353 | 6368 | 6383 | 6397 | 6412 | 6427 | 6442 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 81   | 6457 | 6471 | 6486 | 6501 | 6516 | 6531 | 6546 | 6561 | 6577 | 6592 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 82   | 6607 | 6622 | 6637 | 6653 | 6668 | 6683 | 6699 | 6714 | 6730 | 6745 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 83   | 6761 | 6776 | 6792 | 6808 | 6823 | 6839 | 6855 | 6871 | 6887 | 6902 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 84   | 6918 | 6934 | 6950 | 6966 | 6982 | 6998 | 7015 | 7031 | 7047 | 7063 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 85   | 7079 | 7096 | 7112 | 7129 | 7145 | 7161 | 7178 | 7194 | 7211 | 7228 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 86   | 7244 | 7261 | 7278 | 7295 | 7311 | 7328 | 7345 | 7362 | 7379 | 7396 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 87   | 7413 | 7430 | 7447 | 7464 | 7482 | 7499 | 7516 | 7534 | 7551 | 7568 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 88   | 7586 | 7603 | 7621 | 7638 | 7656 | 7674 | 7691 | 7709 | 7727 | 7745 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 89   | 7762 | 7780 | 7798 | 7816 | 7834 | 7852 | 7870 | 7889 | 7907 | 7925 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 90   | 7943 | 7962 | 7980 | 7998 | 8017 | 8035 | 8054 | 8072 | 8091 | 8110 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 91   | 8128 | 8147 | 8166 | 8185 | 8204 | 8222 | 8241 | 8260 | 8279 | 8299 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 92   | 8318 | 8337 | 8356 | 8375 | 8395 | 8414 | 8433 | 8453 | 8472 | 8492 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 93   | 8511 | 8531 | 8551 | 8570 | 8590 | 8610 | 8630 | 8650 | 8670 | 8690 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 94   | 8710 | 8730 | 8750 | 8770 | 8790 | 8810 | 8831 | 8851 | 8872 | 8892 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 95   | 8913 | 8933 | 8954 | 8974 | 8995 | 9016 | 9036 | 9057 | 9078 | 9099 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 96   | 9120 | 9141 | 9162 | 9183 | 9204 | 9226 | 9247 | 9268 | 9290 | 9311 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 97   | 9333 | 9354 | 9376 | 9397 | 9419 | 9441 | 9462 | 9484 | 9506 | 9528 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 98   | 9550 | 9572 | 9594 | 9616 | 9638 | 9661 | 9683 | 9705 | 9727 | 9750 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 99   | 9772 | 9795 | 9817 | 9840 | 9863 | 9886 | 9908 | 9931 | 9954 | 9977 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|      | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |



# PRIRODNI SINUSI

|    | 0°    | 1°   | 2°   | 3°   | 4°   | 5°   | 6°   | 7°   | 8°   | 9°   |
|----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0° | .0000 | 0017 | 0035 | 0052 | 0070 | 0087 | 0105 | 0122 | 0140 | 0157 |
| 1  | .0175 | 0192 | 0209 | 0227 | 0244 | 0262 | 0279 | 0297 | 0314 | 0332 |
| 2  | .0349 | 0366 | 0384 | 0401 | 0419 | 0436 | 0454 | 0471 | 0488 | 0506 |
| 3  | .0523 | 0541 | 0558 | 0576 | 0593 | 0610 | 0628 | 0645 | 0663 | 0680 |
| 4  | .0698 | 0715 | 0732 | 0750 | 0767 | 0785 | 0802 | 0819 | 0837 | 0854 |
| 5  | .0872 | 0889 | 0906 | 0924 | 0941 | 0958 | 0976 | 0993 | 1011 | 1028 |
| 6  | .1045 | 1063 | 1080 | 1097 | 1115 | 1132 | 1149 | 1167 | 1184 | 1201 |
| 7  | .1219 | 1236 | 1253 | 1271 | 1288 | 1305 | 1323 | 1340 | 1357 | 1374 |
| 8  | .1392 | 1409 | 1426 | 1444 | 1461 | 1478 | 1495 | 1513 | 1530 | 1547 |
| 9  | .1564 | 1582 | 1599 | 1616 | 1633 | 1650 | 1668 | 1685 | 1702 | 1719 |
| 10 | .1736 | 1754 | 1771 | 1788 | 1805 | 1822 | 1840 | 1857 | 1874 | 1891 |
| 11 | .1908 | 1925 | 1942 | 1959 | 1977 | 1994 | 2011 | 2028 | 2045 | 2062 |
| 12 | .2079 | 2096 | 2113 | 2130 | 2147 | 2164 | 2181 | 2198 | 2215 | 2233 |
| 13 | .2250 | 2267 | 2284 | 2300 | 2317 | 2334 | 2351 | 2368 | 2385 | 2402 |
| 14 | .2419 | 2436 | 2453 | 2470 | 2487 | 2504 | 2521 | 2538 | 2554 | 2571 |
| 15 | .2588 | 2605 | 2622 | 2639 | 2656 | 2672 | 2689 | 2706 | 2723 | 2744 |
| 16 | .2756 | 2773 | 2790 | 2807 | 2823 | 2840 | 2857 | 2874 | 2890 | 2907 |
| 17 | .2924 | 2940 | 2957 | 2974 | 2990 | 3007 | 3024 | 3040 | 3057 | 3074 |
| 18 | .3090 | 3107 | 3123 | 3140 | 3156 | 3173 | 3190 | 3206 | 3223 | 3239 |
| 19 | .3256 | 3272 | 3289 | 3305 | 3322 | 3338 | 3355 | 3371 | 3387 | 3404 |
| 20 | .3420 | 3437 | 3453 | 3469 | 3486 | 3502 | 3518 | 3535 | 3551 | 3567 |
| 21 | .3584 | 3600 | 3616 | 3633 | 3649 | 3665 | 3681 | 3697 | 3714 | 3730 |
| 22 | .3746 | 3762 | 3778 | 3795 | 3811 | 3827 | 3843 | 3859 | 3875 | 3891 |
| 23 | .3907 | 3923 | 3939 | 3955 | 3971 | 3987 | 4003 | 4019 | 4035 | 4051 |
| 24 | .4067 | 4083 | 4099 | 4115 | 4131 | 4147 | 4163 | 4179 | 4195 | 4210 |
| 25 | .4226 | 4242 | 4258 | 4274 | 4289 | 4305 | 4321 | 4337 | 4352 | 4368 |
| 26 | .4384 | 4399 | 4415 | 4431 | 4446 | 4462 | 4478 | 4493 | 4509 | 4524 |
| 27 | .4540 | 4555 | 4571 | 4586 | 4602 | 4617 | 4633 | 4648 | 4664 | 4679 |
| 28 | .4695 | 4710 | 4726 | 4741 | 4756 | 4772 | 4787 | 4802 | 4818 | 4833 |
| 29 | .4848 | 4863 | 4879 | 4894 | 4909 | 4924 | 4939 | 4955 | 4970 | 4985 |
| 30 | .5000 | 5015 | 5030 | 5045 | 5060 | 5075 | 5090 | 5105 | 5120 | 5135 |
| 31 | .5150 | 5165 | 5180 | 5195 | 5210 | 5225 | 5240 | 5255 | 5270 | 5284 |
| 32 | .5299 | 5314 | 5329 | 5344 | 5358 | 5373 | 5388 | 5402 | 5417 | 5432 |
| 33 | .5446 | 5461 | 5476 | 5490 | 5505 | 5519 | 5534 | 5548 | 5563 | 5577 |
| 34 | .5592 | 5606 | 5621 | 5635 | 5650 | 5664 | 5678 | 5693 | 5707 | 5721 |
| 35 | .5736 | 5750 | 5764 | 5779 | 5793 | 5807 | 5821 | 5835 | 5850 | 5864 |
| 36 | .5878 | 5892 | 5906 | 5920 | 5934 | 5948 | 5962 | 5976 | 5990 | 6004 |
| 37 | .6018 | 6032 | 6046 | 6060 | 6074 | 6088 | 6101 | 6115 | 6129 | 6143 |
| 38 | .6157 | 6170 | 6184 | 6198 | 6211 | 6225 | 6239 | 6252 | 6266 | 6280 |
| 39 | .6293 | 6307 | 6320 | 6334 | 6347 | 6361 | 6374 | 6388 | 6401 | 6414 |
| 40 | .6428 | 6441 | 6455 | 6468 | 6481 | 6494 | 6508 | 6521 | 6534 | 6547 |
| 41 | .6561 | 6574 | 6587 | 6600 | 6613 | 6626 | 6639 | 6652 | 6665 | 6678 |
| 42 | .6691 | 6704 | 6717 | 6730 | 6743 | 6756 | 6769 | 6782 | 6794 | 6807 |
| 43 | .6820 | 6833 | 6845 | 6858 | 6871 | 6884 | 6896 | 6909 | 6921 | 6934 |
| 44 | .6947 | 6959 | 6972 | 6984 | 6997 | 7009 | 7022 | 7034 | 7046 | 7059 |

# PRIRODNI SINUSI

|                 | $\cdot 0^0$ | $\cdot 1^0$ | $\cdot 2^0$ | $\cdot 3^0$ | $\cdot 4^0$ | $\cdot 5^0$ | $\cdot 6^0$ | $\cdot 7^0$ | $\cdot 8^0$ | $\cdot 9^0$ |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 45 <sup>9</sup> | ·7071       | 7083        | 7096        | 7108        | 7120        | 7133        | 7145        | 7157        | 7169        | 7181        |
| 46              | ·7193       | 7206        | 7218        | 7230        | 7242        | 7254        | 7266        | 7278        | 7290        | 7302        |
| 47              | ·7314       | 7325        | 7337        | 7349        | 7361        | 7373        | 7385        | 7396        | 7408        | 7420        |
| 48              | ·7431       | 7443        | 7455        | 7466        | 7478        | 7490        | 7501        | 7513        | 7524        | 7536        |
| 49              | ·7547       | 7559        | 7570        | 7581        | 7593        | 7604        | 7615        | 7627        | 7638        | 7649        |
| 50              | ·7660       | 7672        | 7683        | 7694        | 7705        | 7716        | 7727        | 7738        | 7749        | 7760        |
| 51              | ·7771       | 7782        | 7793        | 7804        | 7815        | 7826        | 7837        | 7848        | 7859        | 7869        |
| 52              | ·7880       | 7891        | 7902        | 7912        | 7923        | 7934        | 7944        | 7955        | 7965        | 7976        |
| 53              | ·7986       | 7997        | 8007        | 8018        | 8028        | 8039        | 8049        | 8059        | 8070        | 8080        |
| 54              | ·8090       | 8100        | 8111        | 8121        | 8131        | 8141        | 8151        | 8161        | 8171        | 8181        |
| 55              | ·8192       | 8202        | 8211        | 8221        | 8231        | 8241        | 8251        | 8261        | 8271        | 8281        |
| 56              | ·8290       | 8300        | 8310        | 8320        | 8329        | 8339        | 8348        | 8358        | 8368        | 8377        |
| 57              | ·8387       | 8396        | 8406        | 8415        | 8425        | 8434        | 8443        | 8453        | 8462        | 8471        |
| 58              | ·8480       | 8490        | 8499        | 8508        | 8517        | 8526        | 8536        | 8545        | 8554        | 8563        |
| 59              | ·8572       | 8581        | 8590        | 8599        | 8607        | 8616        | 8625        | 8634        | 8643        | 8652        |
| 60              | ·8660       | 8669        | 8678        | 8686        | 8695        | 8704        | 8712        | 8721        | 8729        | 8738        |
| 61              | ·8746       | 8755        | 8763        | 8771        | 8780        | 8788        | 8796        | 8805        | 8813        | 8821        |
| 62              | ·8829       | 8838        | 8846        | 8854        | 8862        | 8870        | 8878        | 8886        | 8894        | 8902        |
| 63              | ·8910       | 8918        | 8926        | 8934        | 8942        | 8949        | 8957        | 8965        | 8973        | 8980        |
| 64              | ·8988       | 8996        | 9003        | 9011        | 9018        | 9026        | 9033        | 9041        | 9048        | 9056        |
| 65              | ·9063       | 9070        | 9078        | 9085        | 9092        | 9100        | 9107        | 9114        | 9121        | 9128        |
| 66              | ·9135       | 9143        | 9150        | 9157        | 9164        | 9171        | 9178        | 9184        | 9191        | 9198        |
| 67              | ·9205       | 9212        | 9219        | 9225        | 9232        | 9239        | 9245        | 9252        | 9259        | 9265        |
| 68              | ·9272       | 9278        | 9285        | 9298        | 9298        | 9304        | 9311        | 9317        | 9323        | 9330        |
| 69              | ·9336       | 9342        | 9348        | 9354        | 9361        | 9367        | 9373        | 9379        | 9385        | 9391        |
| 70              | ·9397       | 9403        | 9409        | 9415        | 9421        | 9426        | 9432        | 9438        | 9444        | 9449        |
| 71              | ·9455       | 9461        | 9466        | 9472        | 9478        | 9483        | 9489        | 9494        | 9500        | 9505        |
| 72              | ·9511       | 9516        | 9521        | 9527        | 9532        | 9537        | 9542        | 9548        | 9553        | 9558        |
| 73              | ·9563       | 9568        | 9573        | 9578        | 9583        | 9588        | 9593        | 9598        | 9603        | 9608        |
| 74              | ·9613       | 9617        | 9622        | 9627        | 9632        | 9636        | 9641        | 9646        | 9650        | 9655        |
| 75              | ·9659       | 9664        | 9668        | 9673        | 9677        | 9681        | 9686        | 9690        | 9694        | 9699        |
| 76              | ·9703       | 9707        | 9711        | 9715        | 9720        | 9724        | 9728        | 9732        | 9736        | 9740        |
| 77              | ·9744       | 9748        | 9751        | 9755        | 9759        | 9763        | 9767        | 9770        | 9774        | 9778        |
| 78              | ·9781       | 9785        | 9789        | 9792        | 9796        | 9799        | 9803        | 9806        | 9810        | 9813        |
| 79              | ·9816       | 9820        | 9823        | 9826        | 9829        | 9833        | 9836        | 9839        | 9842        | 9845        |
| 80              | ·9848       | 9851        | 9854        | 9857        | 9860        | 9863        | 9866        | 9869        | 9871        | 9874        |
| 81              | ·9877       | 9880        | 9882        | 9885        | 9888        | 9890        | 9893        | 9895        | 9898        | 9900        |
| 82              | ·9903       | 9905        | 9907        | 9910        | 9912        | 9914        | 9917        | 9919        | 9921        | 9923        |
| 83              | ·9925       | 9928        | 9930        | 9932        | 9934        | 9936        | 9938        | 9940        | 9942        | 9943        |
| 84              | ·9945       | 9947        | 9949        | 9951        | 9952        | 9954        | 9956        | 9957        | 9959        | 9960        |
| 85              | ·9962       | 9963        | 9965        | 9966        | 9968        | 9969        | 9971        | 9972        | 9973        | 9974        |
| 86              | ·9976       | 9977        | 9978        | 9979        | 9980        | 9981        | 9982        | 9983        | 9984        | 9985        |
| 87              | ·9986       | 9987        | 9988        | 9989        | 9990        | 9990        | 9991        | 9992        | 9993        | 9993        |
| 88              | ·9994       | 9995        | 9995        | 9996        | 9996        | 9997        | 9997        | 9997        | 9998        | 9998        |
| 89              | ·9998       | 9999        | 9999        | 9999        | 9999        | 1.000       | 1.000       | 1.000       | 1.000       | 1.000       |



PIRODNI TANGENSI

|    | 0°     | 1°   | 2°   | 3°   | 4°   | 5°   | 6°   | 7°   | 8°   | 9°   |
|----|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0° | 0.0000 | 0017 | 0035 | 0052 | 0070 | 0087 | 0105 | 0122 | 0140 | 0157 |
| 1  | 0.0175 | 0192 | 0209 | 0227 | 0244 | 0262 | 0279 | 0297 | 0314 | 0332 |
| 2  | 0.0349 | 0367 | 0384 | 0402 | 0419 | 0437 | 0454 | 0472 | 0489 | 0507 |
| 3  | 0.0524 | 0542 | 0559 | 0577 | 0594 | 0612 | 0629 | 0647 | 0664 | 0682 |
| 4  | 0.0699 | 0717 | 0734 | 0752 | 0769 | 0787 | 0805 | 0822 | 0840 | 0857 |
| 5  | 0.0875 | 0892 | 0910 | 0928 | 0945 | 0963 | 0981 | 0998 | 1016 | 1033 |
| 6  | 0.1051 | 1069 | 1086 | 1104 | 1122 | 1139 | 1157 | 1175 | 1192 | 1210 |
| 7  | 0.1228 | 1246 | 1263 | 1281 | 1299 | 1317 | 1334 | 1352 | 1370 | 1388 |
| 8  | 0.1405 | 1423 | 1441 | 1459 | 1477 | 1495 | 1512 | 1530 | 1548 | 1566 |
| 9  | 0.1584 | 1602 | 1620 | 1638 | 1655 | 1673 | 1691 | 1709 | 1727 | 1745 |
| 10 | 0.1763 | 1781 | 1799 | 1817 | 1835 | 1853 | 1871 | 1890 | 1908 | 1926 |
| 11 | 0.1944 | 1962 | 1980 | 1998 | 2016 | 2035 | 2053 | 2071 | 2089 | 2107 |
| 12 | 0.2126 | 2144 | 2162 | 2180 | 2199 | 2217 | 2235 | 2254 | 2272 | 2290 |
| 13 | 0.2309 | 2327 | 2345 | 2364 | 2382 | 2401 | 2419 | 2438 | 2456 | 2475 |
| 14 | 0.2493 | 2512 | 2530 | 2549 | 2568 | 2586 | 2605 | 2623 | 2642 | 2661 |
| 15 | 0.2679 | 2698 | 2717 | 2736 | 2754 | 2773 | 2792 | 2811 | 2830 | 2849 |
| 16 | 0.2867 | 2886 | 2905 | 2924 | 2943 | 2962 | 2981 | 3000 | 3019 | 3038 |
| 17 | 0.3057 | 3076 | 3096 | 3115 | 3134 | 3153 | 3172 | 3191 | 3211 | 3230 |
| 18 | 0.3249 | 3269 | 3288 | 3307 | 3327 | 3346 | 3365 | 3385 | 3404 | 3424 |
| 19 | 0.3443 | 3463 | 3482 | 3502 | 3522 | 3541 | 3561 | 3581 | 3600 | 3620 |
| 20 | 0.3640 | 3659 | 3679 | 3699 | 3719 | 3739 | 3759 | 3779 | 3799 | 3819 |
| 21 | 0.3839 | 3859 | 3879 | 3899 | 3919 | 3939 | 3959 | 3979 | 4000 | 4020 |
| 22 | 0.4040 | 4061 | 4081 | 4101 | 4122 | 4142 | 4163 | 4183 | 4204 | 4224 |
| 23 | 0.4245 | 4265 | 4286 | 4307 | 4327 | 4348 | 4369 | 4390 | 4411 | 4431 |
| 24 | 0.4452 | 4473 | 4494 | 4515 | 4536 | 4557 | 4578 | 4599 | 4621 | 4642 |
| 25 | 0.4663 | 4684 | 4706 | 4727 | 4748 | 4770 | 4791 | 4813 | 4834 | 4856 |
| 26 | 0.4877 | 4899 | 4921 | 4942 | 4964 | 4986 | 5008 | 5029 | 5051 | 5073 |
| 27 | 0.5095 | 5117 | 5139 | 5161 | 5184 | 5206 | 5228 | 5250 | 5272 | 5295 |
| 28 | 0.5317 | 5340 | 5362 | 5384 | 5407 | 5430 | 5452 | 5475 | 5498 | 5520 |
| 29 | 0.5543 | 5566 | 5589 | 5612 | 5635 | 5658 | 5681 | 5704 | 5727 | 5750 |
| 30 | 0.5774 | 5797 | 5820 | 5844 | 5867 | 5890 | 5914 | 5938 | 5961 | 5985 |
| 31 | 0.6009 | 6032 | 6056 | 6080 | 6104 | 6128 | 6152 | 6176 | 6200 | 6224 |
| 32 | 0.6249 | 6273 | 6297 | 6322 | 6346 | 6371 | 6395 | 6420 | 6445 | 6469 |
| 33 | 0.6494 | 6519 | 6544 | 6569 | 6594 | 6619 | 6644 | 6669 | 6694 | 6720 |
| 34 | 0.6745 | 6771 | 6796 | 6822 | 6847 | 6873 | 6899 | 6924 | 6950 | 6976 |
| 35 | 0.7002 | 7028 | 7054 | 7080 | 7107 | 7133 | 7159 | 7186 | 7212 | 7239 |
| 36 | 0.7265 | 7292 | 7319 | 7346 | 7373 | 7400 | 7427 | 7454 | 7481 | 7508 |
| 37 | 0.7536 | 7563 | 7590 | 7618 | 7646 | 7673 | 7701 | 7729 | 7757 | 7785 |
| 38 | 0.7813 | 7841 | 7869 | 7898 | 7926 | 7954 | 7983 | 8012 | 8040 | 8069 |
| 39 | 0.8098 | 8127 | 8156 | 8185 | 8214 | 8243 | 8273 | 8302 | 8332 | 8361 |
| 40 | 0.8391 | 8421 | 8451 | 8481 | 8511 | 8541 | 8571 | 8601 | 8632 | 8662 |
| 41 | 0.8693 | 8724 | 8754 | 8785 | 8816 | 8847 | 8878 | 8910 | 8941 | 8972 |
| 42 | 0.9004 | 9036 | 9067 | 9099 | 9131 | 9163 | 9195 | 9228 | 9260 | 9293 |
| 43 | 0.9325 | 9358 | 9391 | 9424 | 9457 | 9490 | 9523 | 9556 | 9590 | 9623 |
| 44 | 0.9657 | 9691 | 9725 | 9759 | 9793 | 9827 | 9861 | 9896 | 9930 | 9965 |
| 45 | 1.0000 | 0035 | 0070 | 0105 | 0141 | 0176 | 0212 | 0247 | 0283 | 0319 |
| 46 | 1.0355 | 0392 | 0428 | 0464 | 0501 | 0538 | 0575 | 0612 | 0649 | 0686 |
| 47 | 1.0724 | 0761 | 0799 | 0837 | 0875 | 0913 | 0951 | 0990 | 1028 | 1067 |

PIRODNI TANGENSI

|     | 0°     | 1°    | 2°    | 3°    | 4°    | 5°    | 6°    | 7°    | 8°    | 9°    |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 48° | 1.1106 | 1145  | 1184  | 1224  | 1263  | 1303  | 1343  | 1383  | 1423  | 1463  |
| 49  | 1.1504 | 1544  | 1585  | 1626  | 1667  | 1708  | 1750  | 1792  | 1833  | 1875  |
| 50  | 1.1918 | 1960  | 2002  | 2045  | 2088  | 2131  | 2174  | 2218  | 2261  | 2305  |
| 51  | 1.2349 | 2393  | 2437  | 2482  | 2527  | 2572  | 2617  | 2662  | 2708  | 2753  |
| 52  | 1.2799 | 2846  | 2892  | 2938  | 2985  | 3032  | 3079  | 3127  | 3175  | 3222  |
| 53  | 1.3270 | 3319  | 3367  | 3416  | 3465  | 3514  | 3564  | 3613  | 3663  | 3713  |
| 54  | 1.3764 | 3814  | 3865  | 3916  | 3968  | 4019  | 4071  | 4124  | 4176  | 4229  |
| 55  | 1.4281 | 4335  | 4388  | 4442  | 4496  | 4550  | 4605  | 4659  | 4715  | 4770  |
| 56  | 1.4826 | 4882  | 4938  | 4994  | 5051  | 5108  | 5166  | 5224  | 5282  | 5340  |
| 57  | 1.5399 | 5458  | 5517  | 5577  | 5637  | 5697  | 5757  | 5818  | 5880  | 5941  |
| 58  | 1.6003 | 6066  | 6128  | 6191  | 6255  | 6319  | 6383  | 6447  | 6512  | 6577  |
| 59  | 1.6643 | 6709  | 6775  | 6842  | 6909  | 6977  | 7045  | 7113  | 7182  | 7251  |
| 60  | 1.7321 | 7391  | 7461  | 7532  | 7603  | 7675  | 7747  | 7820  | 7893  | 7966  |
| 61  | 1.8040 | 8115  | 8190  | 8265  | 8341  | 8418  | 8495  | 8572  | 8650  | 8728  |
| 62  | 1.8807 | 8887  | 8967  | 9047  | 9128  | 9210  | 9292  | 9375  | 9458  | 9542  |
| 63  | 1.9626 | 9711  | 9797  | 9883  | 9970  | 0057  | 0145  | 0233  | 0323  | 0413  |
| 64  | 2.0503 | 0594  | 0686  | 0778  | 0872  | 0965  | 1060  | 1155  | 1251  | 1348  |
| 65  | 2.1445 | 1543  | 1642  | 1742  | 1842  | 1943  | 2045  | 2148  | 2251  | 2355  |
| 66  | 2.2460 | 2566  | 2673  | 2781  | 2889  | 2998  | 3109  | 3220  | 3332  | 3445  |
| 67  | 2.3559 | 3673  | 3789  | 3906  | 4023  | 4142  | 4262  | 4383  | 4504  | 4627  |
| 68  | 2.4751 | 4876  | 5002  | 5129  | 5257  | 5386  | 5517  | 5649  | 5782  | 5916  |
| 69  | 2.6051 | 6187  | 6325  | 6464  | 6605  | 6746  | 6889  | 7034  | 7179  | 7326  |
| 70  | 2.7475 | 7625  | 7776  | 7929  | 8083  | 8239  | 8397  | 8556  | 8716  | 8878  |
| 71  | 2.9042 | 9208  | 9375  | 9544  | 9714  | 9887  | 0061  | 0237  | 0415  | 0595  |
| 72  | 3.0777 | 0961  | 1146  | 1334  | 1524  | 1716  | 1910  | 2106  | 2305  | 2506  |
| 73  | 3.2709 | 2914  | 3122  | 3332  | 3544  | 3759  | 3977  | 4197  | 4420  | 4646  |
| 74  | 3.4874 | 5105  | 5339  | 5576  | 5816  | 6059  | 6305  | 6554  | 6806  | 7062  |
| 75  | 3.7321 | 7583  | 7848  | 8118  | 8391  | 8667  | 8947  | 9232  | 9520  | 9812  |
| 76  | 4.0108 | 0408  | 0713  | 1022  | 1335  | 1653  | 1976  | 2303  | 2635  | 2972  |
| 77  | 4.3315 | 3662  | 4015  | 4373  | 4737  | 5107  | 5483  | 5864  | 6252  | 6646  |
| 78  | 4.7046 | 7453  | 7867  | 8288  | 8716  | 9152  | 9594  | 0045  | 0504  | 0970  |
| 79  | 5.1446 | 1929  | 2422  | 2924  | 3435  | 3955  | 4486  | 5026  | 5578  | 6140  |
| 80  | 5.671  | 5.730 | 5.789 | 5.850 | 5.912 | 5.976 | 6.041 | 6.107 | 6.174 | 6.243 |
| 81  | 6.314  | 6.386 | 6.460 | 6.535 | 6.612 | 6.691 | 6.772 | 6.855 | 6.940 | 7.026 |
| 82  | 7.115  | 7.207 | 7.300 | 7.396 | 7.495 | 7.596 | 7.700 | 7.806 | 7.916 | 8.028 |
| 83  | 8.144  | 8.264 | 8.386 | 8.513 | 8.643 | 8.777 | 8.915 | 9.058 | 9.205 | 9.357 |
| 84  | 9.51   | 9.68  | 9.84  | 10.02 | 10.20 | 10.39 | 10.58 | 10.78 | 10.99 | 11.20 |
| 85  | 11.43  | 11.66 | 11.91 | 12.16 | 12.43 | 12.71 | 13.00 | 13.30 | 13.62 | 13.95 |
| 86  | 14.30  | 14.67 | 15.06 | 15.46 | 15.89 | 16.35 | 16.83 | 17.34 | 17.89 | 18.46 |
| 87  | 19.03  | 19.74 | 20.45 | 21.20 | 22.02 | 22.90 | 23.86 | 24.90 | 26.03 | 27.27 |
| 88  | 28.64  | 30.14 | 31.82 | 33.69 | 35.80 | 38.10 | 40.92 | 44.07 | 47.74 | 52.08 |
| 89  | 57.29  | 63.66 | 71.62 | 81.15 | 95.49 | 114.6 | 143.2 | 191.0 | 286.5 | 573.0 |

Čije se jedinica mjenja, brojevi su kurzivni

TABELE ODNOSA NEKIH FIZIKALNIH VELIČINA,  
MJERENIH U RAZNIM SISTEMIMA JEDINICA

1. Mehanika

a) Jedinice za duljinu:

|                  |                                   |           |                          |
|------------------|-----------------------------------|-----------|--------------------------|
| M. T. S. sistem: | metar                             | (m)       |                          |
| C. G. S. „       | centimetar                        | (cm)      | 0,01 m                   |
| Ostale jedinice  | kvadrant                          |           | $10^7$ m                 |
|                  | Angström                          | (Å)       | $10^{-10}$ m             |
|                  | X-jedinica                        | (X)       | $10^{-13}$ m             |
|                  | morska milja                      |           | 1582 m                   |
|                  | vrsta                             |           | 1624 m                   |
|                  | crvena linija kadmija             |           | $0,64384696 \mu$         |
|                  | mikron                            | ( $\mu$ ) | $10^{-9}$ m              |
| „                | parsek                            |           | $30,84 \cdot 10^{12}$ km |
|                  | god. svjetlosti = 0,307 parseka = |           | $9,461 \cdot 10^{12}$ km |

(Vidi tablicu I.)

b) Jedinice za površinu:

|                  |                      |                    |                          |
|------------------|----------------------|--------------------|--------------------------|
| M. T. S. sistem: | kvadratni metar      | (m <sup>2</sup> )  |                          |
| C. G. S. „       | kvadratni centimetar | (cm <sup>2</sup> ) | $10^{-4}$ m <sup>2</sup> |

(Vidi tablicu II.)

c) Jedinice za volumen:

|                  |                    |                    |                          |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|
| M. T. S. sistem: | kubični metar      | (m <sup>3</sup> )  |                          |
| C. G. S. „       | kubični centimetar | (cm <sup>3</sup> ) | $10^{-9}$ m <sup>3</sup> |

(Vidi tablicu III.)

d) Jedinice za masu:

|                  |          |      |                            |
|------------------|----------|------|----------------------------|
| M. T. S. sistem: | tona     | (t)  |                            |
| M. K. S. „       | kilogram | (kg) | $10^{-3}$ t                |
| C. G. S. „       | gram     | (g)  | $10^{-6}$ t = $10^{-3}$ kg |

|                     |                   |   |         |    |
|---------------------|-------------------|---|---------|----|
| Britanske jedinice: | 1 gram (gr.)      | = | 64,80   | mg |
|                     | 1 ounce (oz. Av.) | = | 28,350  | g  |
|                     | 1 pound (lb. Av.) | = | 0,45359 | kg |
|                     | 1 ton (t)         | = | 1016    | kg |

e) Jedinice za vrijeme:

|          |   |              |
|----------|---|--------------|
| M. T. S. | sistemi: sekunda (s) = $1/86400$ srednjeg<br>Sunčeva dana |              |
| M. K. S. |   |              |
| C. G. S. |   |              |
| Ostale   | gradanska godina = 365,2422 srednja                       | Sunčeva dana |
| jedinice | siderična godina = 365,2564 srednja                       | Sunčeva dana |

f) Jedinice za brzinu:

|   |          |                                   |   |        |
|---|----------|-----------------------------------|---|--------|
| M. T. S.  | sistemi: | metar na sekundu (m/s) = 3600 m/h |   |        |
| M. K. S.  |          |                                   |   |        |
| C. G. S.  | sistem:  | centimetar na sekundu (cm/s)      | = | 36 m/h |
| Izvedena jedinica: kilometar na sat (km/h) = $10^3$ m/h = 27,8 cm/s |          |                                   |   |        |
| Britanske jedinice: 1 mile/hour = 51,477 cm/s = 1,8532 km/h         |          |                                   |   |        |
| 1 knot (uzao) = 44,7 cm/s = 1,609 km/h                              |          |                                   |   |        |

g) Jedinice za akceleraciju:

|          |          |  |   |                                  |
|----------|----------|--|---|----------------------------------|
| M. T. S. | sistemi: | metar u sekundi na kvadrat (m/s <sup>2</sup> )       |   |                                  |
| M. K. S. |          |  |   |                                  |
| C. G. S. | sistem:  | centimetar u sekundi na kvadrat (cm/s <sup>2</sup> ) | = | $10^{-2}$ m/s <sup>2</sup> = gal |

Normalna akceleracija sile teže: gravitacija (g) = 980,629 gala

h) Jedinice za silu

|                  |       |       |                                |
|------------------|-------|-------|--------------------------------|
| M. T. S. sistem: | sten  | (sn)  | 1 t × 100 gala                 |
| M. K. S. „       | njutn | (new) | 1 kg × 100 gala                |
|                  |       |       | = $10^{-3}$ sn                 |
| C. G. S. „       | din   |       | 1 g × 1 gal =                  |
|                  |       |       | = $10^{-8}$ sn = $10^{-5}$ new |

M. Kp. S. „ kilogram sile (kilopond = kp) 980.000 dina

(Praktične jedinice za silu težu [težinu] vidi u tablici IV.)

Britanska jedinica: poundal 13,825 dina



i) Jedinice za radnju:

M. T. S. sistem: kilodžaul (kJ)  $1 \text{ sn} \times 1 \text{ m}$   
 M. K. S. „ džaul (J)  $10^{-3} \text{ kJ} = 1 \text{ Ws}$   
 C. G. S. „ erg  $10^{-7} \text{ J}$   
 Britanska jedinica: 1 ft. lb. = 1,356 J  
 (Vidi tablicu V.)

j) Jedinice za snagu:

M. T. S. sistem: kilovat (kW)  $1 \text{ kJ/s} = 10^3 \text{ W}$   
 M. K. S. „ vat (W)  $10^{-3} \text{ kW}$   
 C. G. S. „ erg/sekunda  $10^{-7} \text{ W}$   
 konjska snaga (KS)  $0,735 \text{ kW} = 75 \text{ kgm/s}$   
 (Vidi tablicu VI.)

k) Jedinice za tlak:

M. T. S. sistem: pieza (pz)  $1 \text{ sn/m}^2$   
 C. G. S. „ bari (mikrobar)  $10^{-4} \text{ pz} = 1 \text{ din cm}^2$   
 Ostale jedinice: tor = 1 mm Hg  
 $\text{kp/cm}^2 = 760 \text{ tor}$   
 (Vidi tablicu VII.)

## 2. Kalorika

a) Jedinice za temperaturu:

Celsiusov stupanj ( $^{\circ}\text{C}$ )  $T_C = \frac{5}{4} T_R = \frac{5}{9} (T_F - 32)$   
 Reaumurov stupanj ( $^{\circ}\text{R}$ )  $T_R = \frac{4}{5} T_C = \frac{4}{9} (T_F - 32)$   
 Fahrenheitov stupanj ( $^{\circ}\text{F}$ )  $T_F = \frac{9}{5} T_C + 32 = \frac{9}{4} T_R + 32$   
 Kelvinov stupanj ( $^{\circ}\text{K}$ )  $T_K = 273,16 + T_C$

b) Jedinice za množinu topline:

M. T. S. sistem: termija (th)  
 M. K. S. „ kilo-kalorija (kcal)  $10^{-3} \text{ th} = 10^3 \text{ cal}$   
 C. G. S. „ mala kalorija (cal)  $10^{-3} \text{ kcal}$   
 (Vidi također tablicu V.)

## 3. Optika

a) Jedinice za jakost izvora svjetlosti:

Nova svijeća (candela = cd) = 0,98 MS = 1,1 HS  
 Međunarodna svijeća (MS) 1,02 cd = 1,124 HS  
 Hefnerova svijeća (HS) 0,91 cd = 0,892 MS

b) Jedinica za tok svjetlosti:

Novi lumen (lm)

c) Jedinice za rasvjetlu:

Novi lux (lx)  
 Novi phot =  $10^4 \text{ lx}$

d) Jedinica za jakost leće:

Dioptrijska (D) — leća ima jakost 1 D ako joj je žarišna daljina 1 m.

## 4. Elektricitet

| Velikina              | Naziv jedinica | Simbol   | Internacionalne jedinice izražene pomoću apsolutnih | Apsolutne jedinice izražene pomoću internacionalnih | Vrijednost u E. M. O. G. S. | Vrijednost u E. S. O. G. S. |
|-----------------------|----------------|----------|---|---|-----------------------------|-----------------------------|
| Jakost struje         | amper          | A        | 0,99985   | 1,0001500   | 0,1                         | $3 \cdot 10^9$              |
| množina elektriciteta | kulon          | C        | 0,99985   | 1,0001500   | 0,1                         | $3 \cdot 10^9$              |
| napon                 | volt           | V        | 1,00031   | 0,9996901   | $10^8$                      | $3 \cdot 10^{-8}$           |
| otpor                 | om             | $\Omega$ | 1,00049   | 0,9995102   | $10^9$                      | $3 \cdot 10^{-10}$          |
| kapacitet             | farad          | F        | 0,99951   | 1,0004902   | $10^{-9}$                   | $3 \cdot 10^{11}$           |
| samoindukcija         | Henri          | H        | 1,00049   | 0,9995102   | $10^9$                      | $3 \cdot 10^{-11}$          |
| snaga                 | vat            | W        | 1,00019   | 0,9998100   | $10^7$                      | $10^3$                      |
| energija              | džaul          | J        | 1,00019   | 0,9998100   | $10^7$                      | $10^3$                      |

# I. Jedinice za duljinu

|                  | centimetar<br>cm   | hvat<br>hv           | stopa               | palac             | rif                  | lakat<br>(aršin)     | inch             | foot<br>ft           | yard<br>yd           | mile<br>(britanski)  | vrsta                 |
|------------------|--------------------|----------------------|---------------------|-------------------|----------------------|----------------------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| cm               | 1                  | $5,28 \cdot 10^{-3}$ | 0,0316              | 0,39              | $1,29 \cdot 10^{-2}$ | $1,5 \cdot 10^{-2}$  | 0,391            | $3,28 \cdot 10^{-2}$ | $1,1 \cdot 10^{-3}$  | $6,2 \cdot 10^{-5}$  | $6,15 \cdot 10^{-6}$  |
| hvat             | 100                | 1                    | 6,03                | 72,5              | 2,45                 | 2,86                 | 74,6             | 0,25                 | 2,08                 | $1,18 \cdot 10^{-2}$ | $1,17 \cdot 10^{-2}$  |
| stopa            | 31,6               | 0,160                | 1                   | 12,05             | 0,406                | 0,476                | 12,5             | 1,04                 | 0,346                | $1,98 \cdot 10^{-2}$ | $1,98 \cdot 10^{-2}$  |
| palac            | 2,53               | $1,38 \cdot 10^{-2}$ | $8,3 \cdot 10^{-2}$ | 1                 | $3,4 \cdot 10^{-2}$  | $3,98 \cdot 10^{-2}$ | 1,05             | $8,0 \cdot 10^{-2}$  | $2,80 \cdot 10^{-2}$ | $1,63 \cdot 10^{-2}$ | $1,618 \cdot 10^{-2}$ |
| rif              | 77,70              | 0,408                | 2,46                | 29,55             | 1                    | 1,16                 | 80,5             | 2,53                 | 0,85                 | $4,8 \cdot 10^{-2}$  | $4,76 \cdot 10^{-2}$  |
| lakat<br>(aršin) | 60,8               | 0,35                 | 2,1                 | 25,3              | 0,86                 | 1                    | 20,2             | 2,19                 | 0,73                 | $4,13 \cdot 10^{-2}$ | $4,1 \cdot 10^{-2}$   |
| inch             | 2,54               | $13,4 \cdot 10^{-3}$ | $8 \cdot 10^{-2}$   | 0,665             | $3,28 \cdot 10^{-2}$ | $3,81 \cdot 10^{-2}$ | 1                | $8,3 \cdot 10^{-2}$  | $2,78 \cdot 10^{-2}$ | $1,68 \cdot 10^{-2}$ | $1,592 \cdot 10^{-2}$ |
| foot             | 30,48              | 0,168                | 0,903               | 11,6              | 0,395                | 0,457                | 12               | 1                    | 0,333                | $1,80 \cdot 10^{-2}$ | $1,873 \cdot 10^{-2}$ |
| yard             | 91,4               | 0,481                | 2,80                | 34,8              | 1,18                 | 1,37                 | 36               | 3                    | 1                    | $5,46 \cdot 10^{-2}$ | $5,38 \cdot 10^{-2}$  |
| mile             | $1,61 \cdot 10^3$  | 847                  | 5100                | 61200             | 2080                 | 2420                 | 63500            | 3280                 | 1770                 | 1                    | 0,69                  |
| vrsta            | $1,024 \cdot 10^8$ | $8,55 \cdot 10^7$    | $6,13 \cdot 10^7$   | $6,18 \cdot 10^4$ | $2,1 \cdot 10^2$     | $2,44 \cdot 10^2$    | $6,4 \cdot 10^2$ | $5,83 \cdot 10^2$    | $1,768 \cdot 10^2$   | 1,91                 | 1                     |

# II. Jedinice za površinu

|                 | Kvadratni<br>centimetar<br>cm <sup>2</sup> | Kvadratni<br>metar<br>m <sup>2</sup> | hektar<br>ha          | ar<br>a               | Kvadratni<br>hvat<br>hv <sup>2</sup> | jutro<br>ral         | lanac                | dunum                | acre<br>(of land)    | sq. foot<br>sq. ft. | sq. inch             |
|-----------------|--|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| cm <sup>2</sup> | 1  | $10^{-4}$                            | $10^{-6}$             | $10^{-2}$             | $2,78 \cdot 10^{-5}$                 | $1,74 \cdot 10^{-8}$ | $1,39 \cdot 10^{-8}$ | $10^{-2}$            | $2,47 \cdot 10^{-3}$ | 0,135               | $1,63 \cdot 10^{-3}$ |
| m <sup>2</sup>  | $10^4$                                     | 1                                    | $10^{-4}$             | $10^{-2}$             | 0,278                                | $1,74 \cdot 10^{-4}$ | $1,39 \cdot 10^{-4}$ | 10                   | $2,47 \cdot 10^{-4}$ | $1,55 \cdot 10^2$   | 10,8                 |
| ha              | $10^8$                                     | $10^4$                               | 1                     | 100                   | $2,78 \cdot 10^3$                    | 1,738                | 1,39                 | $10^2$               | 2,47                 | $1,55 \cdot 10^7$   | $1,08 \cdot 10^3$    |
| a               | $10^6$                                     | 100                                  | $10^{-2}$             | 1                     | 27,8                                 | $1,74 \cdot 10^{-2}$ | $1,39 \cdot 10^{-2}$ | $10^2$               | $2,47 \cdot 10^{-2}$ | $1,55 \cdot 10^5$   | $1,06 \cdot 10^2$    |
| hv <sup>2</sup> | $3,597 \cdot 10^5$                         | 3,507                                | $8,507 \cdot 10^{-4}$ | $3,507 \cdot 10^{-4}$ | 1                                    | $6,25 \cdot 10^{-4}$ | $5 \cdot 10^{-4}$    | 25,07                | $8,0 \cdot 10^{-4}$  | $6,58 \cdot 10^2$   | 28,8                 |
| jutro<br>ral    | $5,75 \cdot 10^7$                          | $0,575 \cdot 10^4$                   | 0,575                 | 57,5                  | $1,6 \cdot 10^2$                     | 1                    | 0,8                  | $5,75 \cdot 10^4$    | 1,42                 | $8,96 \cdot 10^2$   | $6,17 \cdot 10^4$    |
| lanac           | $7,2 \cdot 10^7$                           | $7,2 \cdot 10^3$                     | 0,72                  | 72                    | $2 \cdot 10^2$                       | 1,25                 | 1                    | $7,2 \cdot 10^4$     | 1,775                | $1,115 \cdot 10^3$  | $7,75 \cdot 10^4$    |
| dunum           | $10^8$                                     | 0,1                                  | $10^{-2}$             | $10^{-2}$             | $2,78 \cdot 10^{-2}$                 | $1,74 \cdot 10^{-4}$ | $1,39 \cdot 10^{-4}$ | 1                    | $2,47 \cdot 10^{-4}$ | 155                 | 1,08                 |
| acre            | $1,047 \cdot 10^7$                         | $4,047 \cdot 10^3$                   | 0,4017                | 40,47                 | 1125                                 | 0,705                | 0,563                | $4,07 \cdot 10^4$    | 1                    | $0,29 \cdot 10^3$   | $4,37 \cdot 10^3$    |
| sq. foot        | 0,45                                       | $0,45 \cdot 10^{-4}$                 | $0,45 \cdot 10^{-8}$  | $0,45 \cdot 10^{-2}$  | $1,79 \cdot 10^{-4}$                 | $1,12 \cdot 10^{-7}$ | $8,97 \cdot 10^{-8}$ | $6,45 \cdot 10^{-2}$ | $1,59 \cdot 10^{-7}$ | 1                   | $6,04 \cdot 10^{-2}$ |
| sq. inch        | 929  | $9,29 \cdot 10^{-7}$                 | $9,29 \cdot 10^{-9}$  | $9,29 \cdot 10^{-4}$  | $2,58 \cdot 10^{-8}$                 | $1,02 \cdot 10^{-6}$ | $1,29 \cdot 10^{-6}$ | 0,929                | $2,29 \cdot 10^{-4}$ | 144                 | 1                    |



### III. jedinice za volumen

|                 | kubični centimetar<br>cm <sup>3</sup> | litra<br>l             | kubični hvat<br>hv <sup>3</sup> | metrički hvat<br>hv <sup>3</sup> | šumski hvat<br>hv <sup>3</sup> | vedro                  | gallon<br>gll        | bushel<br>bsh          | cubic inch            | cubic foot            | plint                 |
|-----------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| cm <sup>3</sup> | 1                                     | 10 <sup>-3</sup>       | 1,405·10 <sup>-7</sup>          | 2,5·10 <sup>-7</sup>             | 2,27·10 <sup>-7</sup>          | 1,765·10 <sup>-4</sup> | 2,2·10 <sup>-4</sup> | 2,75·10 <sup>-5</sup>  | 6,1·10 <sup>-5</sup>  | 3,53·10 <sup>-3</sup> | 1,76·10 <sup>-3</sup> |
| l               | 10 <sup>3</sup>                       | 1                      | 1,405·10 <sup>-4</sup>          | 2,5·10 <sup>-4</sup>             | 2,27·10 <sup>-4</sup>          | 1,705·10 <sup>-3</sup> | 4,22                 | 2,75·10 <sup>-4</sup>  | 61                    | 3,53·10 <sup>-3</sup> | 1,76                  |
| hv <sup>3</sup> | 6,82·10 <sup>4</sup>                  | 6,82·10 <sup>2</sup>   | 1                               | 1,71                             | 1,55                           | 1,2·10 <sup>2</sup>    | 1,5·10 <sup>3</sup>  | 183                    | 2,81·10 <sup>3</sup>  | 241                   | 1,21·10 <sup>4</sup>  |
| metrički hvat   | 4·10 <sup>3</sup>                     | 4·10 <sup>3</sup>      | 0,585                           | 1                                | 0,9                            | 70,6                   | 8,8·10 <sup>3</sup>  | 110                    | 2,44·10 <sup>3</sup>  | 141                   | 7,03·10 <sup>3</sup>  |
| šumski hvat     | 4,40·10 <sup>3</sup>                  | 4,40·10 <sup>3</sup>   | 0,645                           | 1,11                             | 1                              | 77,7                   | 9,7·10 <sup>3</sup>  | 121                    | 2,89·10 <sup>3</sup>  | 155                   | 7,75·10 <sup>3</sup>  |
| vedro           | 59,59·10 <sup>3</sup>                 | 56,59                  | 83·10 <sup>-3</sup>             | 1,415·10 <sup>-3</sup>           | 1,255·10 <sup>-3</sup>         | 1                      | 12,46                | 1,66                   | 3,46·10 <sup>3</sup>  | 2                     | 10 <sup>4</sup>       |
| gll             | 4,549·10 <sup>3</sup>                 | 4,549                  | 6,65·10 <sup>-4</sup>           | 1,135·10 <sup>-3</sup>           | 1,03·10 <sup>-3</sup>          | 8,02·10 <sup>-2</sup>  | 1                    | 0,125                  | 2,78·10 <sup>3</sup>  | 0,10                  | 8                     |
| bsh             | 39,365·10 <sup>3</sup>                | 36,368                 | 5,32·10 <sup>-4</sup>           | 9,08·10 <sup>-3</sup>            | 8,25·10 <sup>-3</sup>          | 0,612                  | 8                    | 1                      | 2,22·10 <sup>3</sup>  | 1,285                 | 61                    |
| cubic inch      | 16,387                                | 1,639·10 <sup>-3</sup> | 2,4·10 <sup>-4</sup>            | 4,1·10 <sup>-5</sup>             | 3,72·10 <sup>-4</sup>          | 2,89·10 <sup>-4</sup>  | 8,6·10 <sup>-3</sup> | 4,5·10 <sup>-4</sup>   | 1                     | 5,78·10 <sup>-4</sup> | 2,88·10 <sup>-3</sup> |
| cubic foot      | 2,832·10 <sup>4</sup>                 | 28,317                 | 4,15·10 <sup>-4</sup>           | 7,08·10 <sup>-3</sup>            | 6,43·10 <sup>-3</sup>          | 0,5                    | 6,23                 | 0,778                  | 1,728·10 <sup>4</sup> | 1                     | 40,7                  |
| plint           | 508,2                                 | 0,5082                 | 8,33·10 <sup>-4</sup>           | 1,42·10 <sup>-4</sup>            | 1,20·10 <sup>-4</sup>          | 10 <sup>-4</sup>       | 0,125                | 1,502·10 <sup>-3</sup> | 34,70                 | 2,01·10 <sup>-3</sup> | 1                     |

U VII. i VIII. koloni navedene su britanske jedinice. Američke se razlikuju od ovih. Evo vrijednosti američkih jedinica:  
 gallon (agll) = 3,785 l  
 bushel (absh) = 35,24 l

### IV. jedinice za težinu

|                  | gram<br>g             | kilogram<br>kg         | metrička centa<br>q    | tona<br>t              | rad<br>Pd             | okn                   | funta<br>lb           | ounce<br>(unca)<br>oz | engleska<br>tona       | američka<br>tona      |
|------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| g                | 1                     | 10 <sup>-3</sup>       | 10 <sup>-4</sup>       | 10 <sup>-6</sup>       | 6,1·10 <sup>-3</sup>  | 7,81·10 <sup>-4</sup> | 2,2·10 <sup>-3</sup>  | 3,53·10 <sup>-2</sup> | 9,85·10 <sup>-7</sup>  | 1,1·10 <sup>-4</sup>  |
| kg               | 10 <sup>3</sup>       | 1                      | 10 <sup>-3</sup>       | 10 <sup>-3</sup>       | 6,1·10 <sup>-2</sup>  | 0,781                 | 2,205                 | 35,3                  | 9,85·10 <sup>-4</sup>  | 1,1·10 <sup>-3</sup>  |
| q                | 10 <sup>4</sup>       | 10 <sup>3</sup>        | 1                      | 0,1                    | 6,1                   | 78,1                  | 220,5                 | 3530                  | 9,85·10 <sup>-3</sup>  | 0,11                  |
| t                | 10 <sup>6</sup>       | 10 <sup>3</sup>        | 10                     | 1                      | 61                    | 781                   | 2205                  | 35300                 | 9,85                   | 1,1                   |
| Pd               | 16,38·10 <sup>4</sup> | 16,38                  | 0,1638                 | 1,638·10 <sup>-3</sup> | 1                     | 12,8                  | 36,1                  | 578                   | 1,015·10 <sup>-2</sup> | 1,31·10 <sup>-3</sup> |
| okn              | 1,28·10 <sup>3</sup>  | 1,28                   | 1,28·10 <sup>-3</sup>  | 1,28·10 <sup>-3</sup>  | 1                     | 1                     | 3,52                  | 45,2                  | 1,26·10 <sup>-3</sup>  | 1,41                  |
| lb               | 453,0                 | 0,4530                 | 4,536·10 <sup>-3</sup> | 4,536·10 <sup>-4</sup> | 7,81·10 <sup>-2</sup> | 0,3540                | 1                     | 16                    | 4,475·10 <sup>-4</sup> | 5,10 <sup>-4</sup>    |
| oz               | 28,35                 | 2,835·10 <sup>-2</sup> | 2,835·10 <sup>-4</sup> | 2,835·10 <sup>-4</sup> | 1,73·10 <sup>-3</sup> | 2,21·10 <sup>-2</sup> | 6,24·10 <sup>-3</sup> | 1                     | 2,79·10 <sup>-5</sup>  | 3,12·10 <sup>-4</sup> |
| engleska<br>tona | 1,616·10 <sup>6</sup> | 1616                   | 16,16                  | 1,616                  | 61,9                  | 784                   | 2245                  | 35840                 | 1                      | 1,12                  |
| američka<br>tona | 0,072·10 <sup>6</sup> | 007,2                  | 0,072                  | 0,9072                 | 55,3                  | 0,790                 | 1900                  | 32·10 <sup>3</sup>    | 0,804                  | 1                     |

# V. Jedinice za energiju

|                 | vat-<br>sekunda<br>Ws   | kilovat-<br>sat<br>kWh  | kalorija<br>cal         | kilo-<br>kalorija<br>kcal | termija<br>th           | ilogram-<br>metar<br>kgm | erg                    | Mega-<br>elektron-<br>volt<br>MeV | mc <sup>2</sup>        | Jedinica<br>mase<br>JM | ft. lb.                | B.tb. Unit              |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| Ws              | 1                       | 2,78·10 <sup>-7</sup>   | 0,239                   | 2,39·10 <sup>-4</sup>     | 2,39·10 <sup>-3</sup>   | 0,102                    | 10 <sup>7</sup>        | 6,25·10 <sup>16</sup>             | 1,236·10 <sup>13</sup> | 6,7·10 <sup>8</sup>    | 0,737                  | 9,5·10 <sup>-4</sup>    |
| kWh             | 3,6·10 <sup>6</sup>     | 1                       | 8,6·10 <sup>5</sup>     | 860                       | 0,86                    | 3,07·10 <sup>6</sup>     | 3,6·10 <sup>12</sup>   | 2,245·10 <sup>18</sup>            | 4,39·10 <sup>12</sup>  | 2,42·10 <sup>10</sup>  | 2,65·10 <sup>9</sup>   | 3,41·10 <sup>3</sup>    |
| cal             | 4,185                   | 1,16·10 <sup>-6</sup>   | 1                       | 10 <sup>-3</sup>          | 10 <sup>-4</sup>        | 0,427                    | 4,185·10 <sup>7</sup>  | 2,612·10 <sup>13</sup>            | 5,12·10 <sup>12</sup>  | 2,81·10 <sup>10</sup>  | 3,08                   | 3,96·10 <sup>-3</sup>   |
| kcal            | 4185                    | 1,16·10 <sup>-3</sup>   | 10 <sup>3</sup>         | 1                         | 10 <sup>-1</sup>        | 427                      | 4,185·10 <sup>10</sup> | 2,612·10 <sup>16</sup>            | 5,12·10 <sup>15</sup>  | 2,81·10 <sup>13</sup>  | 3080                   | 3,96                    |
| th              | 4,185·10 <sup>3</sup>   | 1,163                   | 10 <sup>6</sup>         | 10 <sup>3</sup>           | 1                       | 4,27·10 <sup>5</sup>     | 4,185·10 <sup>13</sup> | 2,612·10 <sup>19</sup>            | 5,12·10 <sup>18</sup>  | 2,81·10 <sup>16</sup>  | 3,08·10 <sup>9</sup>   | 3960                    |
| kgm             | 0,81                    | 2,72·10 <sup>-4</sup>   | 2,34                    | 2,34·10 <sup>3</sup>      | 2,34·10 <sup>-4</sup>   | 1                        | 0,81·10 <sup>7</sup>   | 0,12·10 <sup>13</sup>             | 1,21·10 <sup>12</sup>  | 6,575·10 <sup>10</sup> | 7,23                   | 9,3·10 <sup>-3</sup>    |
| erg             | 10 <sup>-7</sup>        | 2,78·10 <sup>-10</sup>  | 2,39·10 <sup>-8</sup>   | 2,39·10 <sup>-11</sup>    | 2,39·10 <sup>-12</sup>  | 1,02·10 <sup>-4</sup>    | 1                      | 6,24·10 <sup>6</sup>              | 1,22·10 <sup>6</sup>   | 670,37                 | 7,37·10 <sup>-5</sup>  | 9,5·10 <sup>-11</sup>   |
| MeV             | 1,6·10 <sup>-13</sup>   | 4,15·10 <sup>-20</sup>  | 3,827·10 <sup>-11</sup> | 3,827·10 <sup>-14</sup>   | 3,827·10 <sup>-15</sup> | 1,634·10 <sup>-16</sup>  | 1,602·10 <sup>-4</sup> | 1                                 | 1,957                  | 1,074·10 <sup>2</sup>  | 1,19·10 <sup>-13</sup> | 1,518·10 <sup>-10</sup> |
| mc <sup>2</sup> | 8,185·10 <sup>-14</sup> | 2,275·10 <sup>-20</sup> | 1,455·10 <sup>-11</sup> | 1,455·10 <sup>-14</sup>   | 1,455·10 <sup>-15</sup> | 8,25·10 <sup>-16</sup>   | 8,185·10 <sup>-7</sup> | 6,109·10 <sup>-1</sup>            | 1                      | 5,436·10 <sup>-3</sup> | 5,96·10 <sup>-11</sup> | 7,96·10 <sup>-17</sup>  |
| JM              | 1,46·10 <sup>-16</sup>  | 4,14·10 <sup>-23</sup>  | 3,56·10 <sup>-11</sup>  | 3,56·10 <sup>-14</sup>    | 3,56·10 <sup>-15</sup>  | 1,52·10 <sup>-16</sup>   | 1,46·10 <sup>-7</sup>  | 981,2                             | 1,82·10 <sup>1</sup>   | 1                      | 1,1·10 <sup>-10</sup>  | 1,416·10 <sup>-13</sup> |
| ft. lb.         | 1,356                   | 3,77·10 <sup>-7</sup>   | 0,324                   | 3,24·10 <sup>-1</sup>     | 3,24·10 <sup>-2</sup>   | 0,1982                   | 1,356·10 <sup>7</sup>  | 8,48·10 <sup>16</sup>             | 1,675·10 <sup>12</sup> | 9,68·10 <sup>9</sup>   | 1                      | 1,287·10 <sup>-3</sup>  |
| B.tb. Unit      | 1053                    | 2,93·10 <sup>-4</sup>   | 352                     | 0,253                     | 2,53·10 <sup>-1</sup>   | 107,5                    | 1,053·10 <sup>16</sup> | 6,56·10 <sup>18</sup>             | 1,303·10 <sup>14</sup> | 7,96·10 <sup>12</sup>  | 777                    | 1                       |

U VIII., IX. i X. koloni dane su jedinice iz atomske fizike:

MeV = mega elektronvolt = 10<sup>6</sup>eV (elektron volta); 1eV = energija, koju dobije elektron na prolazu kroz polje na čijim krajevima vlada potencijalna razlika 1 Volt.

JM = energija, ekvivalentna jedinici mase (0<sup>16</sup> = 10,000) t. j. 1/16 at. tež. atoma kisika.

mc<sup>2</sup> = energija, koja pripada masi elektrona u stanju mirovanja.

# VI. Jedinice za snagu

|       | vat<br>W         | kilovat<br>kW         | erg/s                | kilogram-<br>metar u<br>sekundi<br>kgm/s | konjska<br>snaga<br>KS | engl.<br>konjska<br>snaga<br>HP |
|-------|------------------|-----------------------|----------------------|--|------------------------|---------------------------------|
| W     | 1                | 10 <sup>-3</sup>      | 10 <sup>7</sup>      | 0,102                                    | 1,36·10 <sup>-1</sup>  | 1,34·10 <sup>-1</sup>           |
| kW    | 10 <sup>3</sup>  | 1                     | 10 <sup>10</sup>     | 102                                      | 1,36                   | 1,34                            |
| erg/s | 10 <sup>-7</sup> | 10 <sup>-10</sup>     | 1                    | 1,02·10 <sup>-1</sup>                    | 1,36·10 <sup>-10</sup> | 1,34·10 <sup>-10</sup>          |
| kgm/s | 9,81             | 9,81·10 <sup>-3</sup> | 9,81·10 <sup>7</sup> | 1  | 1,33·10 <sup>-3</sup>  | 1,31·10 <sup>-3</sup>           |
| KS    | 736              | 0,736                 | 7,36·10 <sup>8</sup> | 75                                       | 1                      | 0,985                           |
| HP    | 746              | 0,746                 | 7,46·10 <sup>8</sup> | 76,1                                     | 1,014                  | 1                               |

# VII. Jedinice za flak

|                             | kilopond<br>po centi-<br>metru <sup>2</sup><br>kp/cm <sup>2</sup> | bari<br>din/cm <sup>2</sup> | pieza<br>pz            | tor                   | funta po<br>kvadrat-<br>nom<br>inch-u<br>lb/sq.inch | funta po<br>kvadrat-<br>nom<br>foot-u<br>lb/sq.ft | tona po<br>kvadrat-<br>nom<br>inch-u<br>ton q.inch | normalna<br>atmo-<br>sfera<br>at |
|-----------------------------|---|-----------------------------|------------------------|-----------------------|---|---|--|----------------------------------|
| kp/cm <sup>2</sup><br>(Atm) | 1   | 9,80·10 <sup>-1</sup>       | 9,8·10 <sup>-1</sup>   | 760                   | 14,2  | 2,05  | 6,35·10 <sup>-1</sup>                              | 0,967                            |
| din/cm <sup>2</sup>         | 1,02·10 <sup>-1</sup>   | 1                           | 10 <sup>-1</sup>       | 0,775                 | 1,45·10 <sup>-1</sup>                               | 2,09·10 <sup>-2</sup>                             | 6,47·10 <sup>-3</sup>                              | 9,86·10 <sup>-4</sup>            |
| pz                          | 10,2  | 10 <sup>1</sup>             | 1                      | 7,75·10 <sup>1</sup>  | 145   | 20,9  | 6,47·10 <sup>-2</sup>                              | 9,86                             |
| tor                         | 1,315·10 <sup>-1</sup>  | 1,29                        | 1,29·10 <sup>-1</sup>  | 1                     | 1,87·10 <sup>-2</sup>                               | 2,69·10 <sup>-3</sup>                             | 8,35·10 <sup>-3</sup>                              | 1,275·10 <sup>-3</sup>           |
| lb/sq.inch                  | 7,04·10 <sup>-1</sup>   | 68,943                      | 1,894·10 <sup>-1</sup> | 53,5                  | 1   | 0,141   | 4,46·10 <sup>-1</sup>                              | 6,82·10 <sup>-1</sup>            |
| lb/sq.ft                    | 0,488   | 478,78                      | 1,788·10 <sup>-3</sup> | 371                   | 6,94  | 1   | 3,095·10 <sup>-1</sup>                             | 0,472                            |
| ton/sq.inch                 | 1,576·10 <sup>5</sup>   | 1,544·10 <sup>5</sup>       | 1,544·10 <sup>4</sup>  | 1,196·10 <sup>4</sup> | 2,24·10 <sup>4</sup>                                | 3,23·10 <sup>-1</sup>                             | 1  | 1,522·10 <sup>5</sup>            |
| at                          | 1,033   | 1,013·10 <sup>5</sup>       | 0,1013                 | 785                   | 14,68   | 2,12  | 6,56·10 <sup>-1</sup>                              | 1                                |



# TUMAČ POMOĆNIM TABLICAMA

1. Prva i druga tablica služe za određivanje refrakcije prema uputi, kako je navedena ispod samih tablica.

2. Treća i četvrta tablica služe, da se pomoću precesije u deklinaciji i rektascenziji odredi položaj za zadanu godinu nekog nebeskog tijela (zvijezde, maglice), čiji je položaj poznat za neku drugu godinu, na pr. 1900'0. U tablicama su navedeni iznosi, za koje se promijene ekvatorske koordinate u jednoj godini. Ti su iznosi različiti za različite (približne) vrijednosti koordinata.

Primjer: Neka se odredi položaj za 1950'0 zvijezde  $\mu$  Ceph (br. 13 u tablici nepravilnih promjenljivih), ako je položaj za 1900'0  $\alpha = 21^h 40^m 4$ ,  $\delta_0 = +58^\circ 19'$ .

U tablici za precesiju u rektascenziji nalazimo kod

$$\begin{array}{l} \alpha = 21^h \quad \Delta\alpha = 1^s 95, \alpha = 22^h \\ \delta = +50^\circ \quad \delta = +50^\circ \quad \Delta\alpha = 2^s 28 \end{array}$$

dakle razlici od 1<sup>h</sup> odgovara prirast 0<sup>s</sup>33, a za našu razliku od 0<sup>h</sup>7 je prirast 0<sup>s</sup>23, te je za  $\delta = +50^\circ$ ,  $\alpha = 21^h 7$  . . . .  $\Delta\alpha = 2^s 18$ .

Kod  $\delta = +60^\circ$  padne ta korekcija na 1<sup>s</sup>75, dakle za razliku u deklinaciji od 8° (približno) padne korekcija za 0'3, te iznosi  $\Delta\alpha = 1^s 9$  za jednu godinu, a za 50 godina  $\Delta\alpha = 1^m 6$ .

U tablici za precesiju u deklinaciji kod  $\alpha = 21^h 40^m$  nalazimo  $\Delta\delta = +16'' 4$  za jednu godinu, a za 50 godina  $\Delta\delta = +13' 7$ .

Traženi položaj zvijezde  $\mu$  Ceph za 1950'0 je dakle

$$1900'0 \quad \alpha = 21^h 40^m 4 \quad \delta_0 = +58^\circ 19'$$

$$\text{precesija} \quad \Delta\alpha = +1^m 6 \quad \Delta\delta = +13' 7$$

$$1950'0 \quad \alpha = 21^h 42^m 0 \quad \delta = +58^\circ 33'$$

3. Peta i šesta tablica donosi trajanje građanskog i astronomskog sumraka za geografske širine, koje dolaze u obzir u našoj državi.

Građanski sumrak (večernji) počinje, kada Sunce zađe, a svršava, kada je Sunce 6° ispod horizonta; tada se na nebeskom svodu vide prve zvijezde, a za vrijeme sumraka može se još na otvorenom čitati bez umjetne rasvjete. Kod jutarnjeg sumraka ide stvar obratno.

Astronomski sumrak (večernji) počinje, kada Sunce zađe, a svršava, kada je Sunce 18° ispod horizonta. Tada se već vide i najslabije zvijezde prostim okom.

4. Slijedeće tablice, sedma za poludnevni luk, osma i deveta za pretvaranje zvjezdanoga vremena u srednje i obratno već su na dnu stranice objašnjene kako se upotrebljavaju. Deseta tablica za pretvaranje satova, minuta i sekunda u decimalne dijelove dana, i jedanaesta za depresiju horizonta i daljinu vida jasne su po sebi. Isto vrijedi za dvanaestu tablicu mjera za daljinu u astronomiji.

5. Trinaesta tablica za pretvaranje prividnih veličina u apsolutne temelji se na odnosu  $M = m + 5 + 5 \log \pi$  (Vidi str. 113.).

Primjer: Koliko je apsolutna veličina Siriusa (br. 1 u tablici najsjajnijih zvijezda), ako mu je prividna veličina  $-1^m 58$ , a paralaksa  $\pi = 0'' 373$ ? Po tablici u retku 0''30 i stupcu 7 je korekcija  $+2^m 84$ , dakle  $M = -1^m 58 + 2^m 84 = +1^m 26 = 1^m 3$ .

6. Četrnaesta tablica je nomogram za pretvaranje razlike veličine u omjer sjaja i obratno, s uputom. Temelji se na odnosu  $I_A : I_B = (2^s 512)^{m_B - m_A}$ .

7. Petnaesta i šesnaesta tablica glavnih spektralnih linija Sunčeva spektra odn. vremenskih zona razumljive su po sebi. Duljine vala navedene su prema astronomskim mjerenjima. U slici vremenskih zona nisu uzeta u obzir odstupanja granica zona radi državnih granica, kao ni one zemlje, koje nisu prihvatile računanje vremena po vremenskim zonama.

8. U posljednjoj (sedamnaestoj) tablici geografskih koordinata nekih mjesta u Jugoslaviji unijeti su važniji gradovi i oblasna sjedišta. Posljednji stupac u toj tablici pokazuje, koliko je mjesno vrijeme dotičnog mjesta ispred (—) ili iza (+) vremena srednje-evropskog meridijana  $\lambda = 15^\circ$  ist. od Greenwicha, t. j. srednje-evropskog vremena, što ga pokazuju naši satovi.

9. Na kraju slijede neke matematičke i fizičke tabele sa razjašnjenjima.

VI. ČLANCI



*Dr Stanko Hondl:*

## BOŠKOVIĆEV STALAK

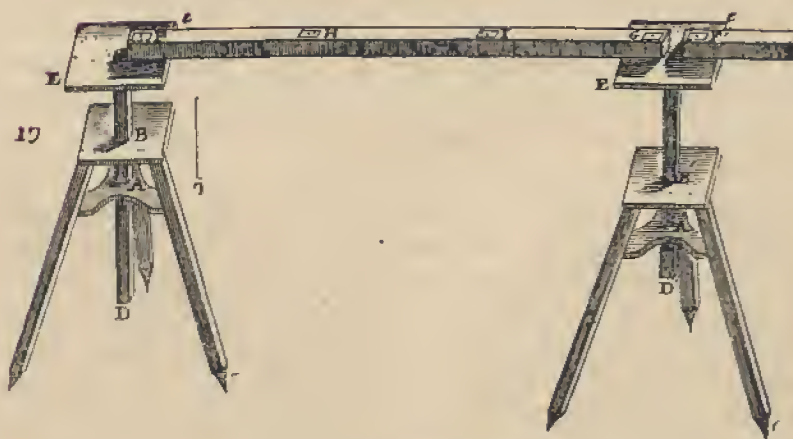
Kod fizikalnih pokusa i mjerenja mnogo se upotrebljava čvrst drven stol, na tri noge, s malenom stolnom pločom, kojoj se visina daje mijenjati (na pr. između 0,9 i 1,4 m). Tu spravu često zovu Gaussov stalak. Opisuju je i slikom prikazuju katalogi fizikalnih aparata, kao i djela posvećena fizikalnoj praksi. Tako je spominje pod imenom »Gauss'sches Stativ« A. Weinhold u 2. izdanju djela »Physikalische Demonstrationen«, g. 1887., dok ju je u 1. izdanju, g. 1881., opisao bez onog imena. J. Frick nije još ni u 5. izdanju svog djela »Physikalische Technik«, g. 1876., spomenuo te sprave, ali izdavač 6. izdanja, O. Lehmann, na str. 131. knjige I. tog djela, g. 1890., opisuje »Holzstative (nach Gauss)«. Od novih djela može se spomenuti E. Perucca, »Guida pratica per esperienze didattiche di fisica sperimentale«, g. 1937., gdje na str. 35. čitamo: Tavolini alzabili a trepiede, detti di Gauss. Inače se ta sprava jedva spominje, te je ne nalazimo ni u opsežnim fizikalnim udžbenicima, ni u općim enciklopedijama, pa ni u poznatim, samo fizici posvećenim rječnicima.

Listajući Maireovo i Boškovićevo djelo »De litteraria expeditione per pontificiam ditionem, Romae 1755«, u kojem se izvješćuje o mjerenju meridijana Rim-Rimini, opazio sam, da su pisci pri mjerenju geodetskih osnovaka (baza) upotrebljavali stalke, koji po osnovnoj zamisli svoje konstrukcije sasvim naliče »Gaussovim« stativima. Za dokaz toj tvrdnji neka služi Weinholdova slika »Gaussova« staka (sl. 1.) i iz Maireova i Boškovićeve djela dio crteža br. 17. na tabli III. (sl. 2.). Upućujemo i na francuski

prijevod onog djela: »Voyage astronomique et géographique dans l'état de l'église, Paris 1770«. Podaci o stalku iznose se u »knjizi« (opusculum, livre) I. i IV., koje potječu iz Boškovićeva pera.



Sl. 1. »Gaussove stalak po Weinhölda



Sl. 2. Boškovićev stalak

Eto, što Bošković kaže. Prevodim slobodno, kako je i francuski prijevod slobodan. Najprije u knjizi I. br. 111. čitamo:

»Osim toga imali smo šest tronoga; na svakomu nalazila se vodoravna mala ravna ploča, koja bijaše učvršćena na vertikalni debeli ravan drveni stup na taj način, da se mogla dići ili spustiti i s pomoću vijka u svakoj visini pridržati.«

Opširniji opis slijedi u knjizi IV. pod br. 337.:

»...ponajprije slika 17. na tabli 3. ...prikazuje tronoge i mjerace letve upotrebljene pri mjerenju baze. Kako su građeni tronozi, koje smo spomenuli u knjizi I. br. 111., očito je. Debeli kvadratičan drveni stup, *CD* u prvom tronogu, prolazi kroz dva kvadratična otvora *A* i *B*, koji su otprilike jednaki prerezu stupa i izdubeni su u dvije vodoravne ploče, da može stup slobodno proći i dići se ili spustiti po volji. Stup nosi u *C* vodoravnu stolnu ploču *Ee*. Kod *A* nalazi se sa strane vijak od željeza, s kojim se onaj kvadratični stup može pritisnuti na suprotnu stranu otvora *A*, dok strane otvora *D* drže stup ukočeno i priječe, da bi se amo ili tamo nagnuo. Zato su baš načinjene dvije one vodoravne ploče u tronogu, da stup i stolna ploča na njemu budu što stabilniji, kad smo im dali željenu visinu.«

Onda pod br. 338. iste knjige Bošković nastavlja i završuje taj opis:

»Stolna ploča, koju stup drži, duga je približno 1 stopu, široka nešto manje, a debljina joj je približno 1 palac. Stup *CD* a i cijeli tronog visok je približno 3 stope, razmak *AB*  $\frac{1}{2}$  stope, tako da se stolna ploča može dići nad ploču *B* više negoli za 2 stope i još uvijek učvrstiti kod *A*; tako da je pri svakoj visini stolne ploče svaki od nas dvojice ili bar onaj, koji je viši, mogao vidjeti gornju površinu mjerila položenog na stol. Stup je nešto deblji od 2 palca; no sve se te veličine mogu uzeti i druge. Svaka noga tronoga na donjem se kraju svršava oduljim šiljkom, što je osobito na morskoj obali zgodno, da se mogu šiljci pritiskom na noge zatjerati više ili manje u pijesak i s time stolna ploča *Ee* lako smjestiti vodoravno. Kod rimske baze, daleko od obale, gdje je



tlo kamenito, isto se postiglo tako, da je šiljku podmetnut klin, i to bliže ili dalje od svog brida, koliko je već trebalo.»

Tronozi su načinjeni »ovdje«, t. j. nije ih trebalo naručiti iz inozemstva (I 73). Još su nabavljena dva tronoga osobito visoka, koji su u jednom slučaju upotrebljeni pri mjerenju sjeverne baze, kod Riminija (I 155).

Na osnovu svega toga držim, da naziv »Gaussov« stalak nije opravdan. Prije Gaussa već je Bošković dao izraditi takve stalke, da se upotrebe pri mjerenju geodetske osnovke. To je dakle BOŠKOVIĆEV STALAK. Bošković i Maire polagali su na te stalke mjerila, te su — kako je poznato — prvi mjerili bazu »u zraku«, dok su se prije njih u takvim mjerenjima mjerila polagala na tle. Poimence to vrijedi i za mjerenje »peruansko« (u današnjem Ekvadoru), koje su nekoliko godina prije Boškovićevih i Maireovih mjerenja izvršili Bouguer i de la Condamine (nec humi reptare cogebamur, ut cum Bouguerio Condaminus; I 120).

Treba reći, da »Gaussov« stalak dolazi u raznim izvedbama. Tako je u Frick-Lehmannu prikazan stalak, gdje je stup učvršćen sa dva vijka; jedan pritiskuje u donjem otvoru, drugi u gornjem. Amerikanska tvrtka Cenco (Central Scientific Company) u opsežnom katalogu J-136, pred kojih 15 godina; oglašuje takav stalak, gdje je stup pritisnut samo kod gornjeg otvora. (Sprava se ovdje ne zove »Gaussova«; tek se kaže, da je prikladna pri mjerenju horizontalne komponente zemaljskog magnetizma po metodi Gaussovoj.) Skuplje su izvedbe, gdje je uz stup učvršćena kovna zupčanica, koja se diže ili spušta zupčaničkom, koji se ručkom vrti.

U odličnoj Dvořákovoj raspravi »Boškovićev rad na polju fizike« (Rad 87—88—90), koja je izašla g. 1887/8., Boškovićev stalak nije spomenut. Boškovićovo i Maireovo djelo Dvořáku jamačno nije bilo pristupno. Zagrebačka sveučilišna knjižnica primila je izvornik tog djela tek g. 1897., prijevod još kasnije;\* akademijina knjižnica nema ga ni danas. Ipak je Dvořák izvijestio o tom geodetskom radu Boškovićevu, ali tek u »Dodatku« svoje

\* Taj podatak zahvaljujem dobroti knjižničara prof. Eve Verona.

rasprave (str. 540.—542.), gdje je istaknuo, da predmet ne zasijeca u njegovu struku. Bjt će da se od Dvořáka tražilo, da i to uključi u svoj prikaz; doista bi »Spomenica« posvećena Boškovićevoj uspomeni izašla vrlo nepotpuna, kada Boškovićev glasoviti geodetski rad ne bi bio bar u kratko u njoj obuhvaćen. U svom prikazu Dvořák se poslužio opsežnom raspravom, koju je objavio A. Westphal u Zeitschr. f. Instrumentenkunde V, g. 1885. (i dovršio u VIII, g. 1888.), »Basisapparate und Basismessungen«. Boškovićev stalak u toj raspravi nije opisan, već samo spomenut; a za Bouguera i de la Condaminea pisac kaže, na str. 269., da su i oni namjeravali upotrebiti stalke, ali su opazili, da stalci, koje su spremili, nisu dosta čvrsti. Bilo bi zanimljivo, da se ispita, ima li sličnost između onih zabačenih stalaka peruanskog mjerenja i Boškovićevih. Publikacije Bouguera i de la Condaminea o tom predmetu nisu mi pristupne. Međutim de la Condamineova najznatnija potječe iz g. 1751., kada su Boškovićeve pripreme bile već dovršene; mjerenje rimske baze započelo se već početkom travnja 1751. Da ima kakva sličnost, jamačno bi to Westphal bio istaknuo.

#### Zusammenfassung

#### STATIV NACH BOŠKOVIĆ

Im Jahre 1755 veröffentlichten Maire und Boscovich (Bošković) einen Bericht über ihre Gradmessung im Kirchenstaate (De litteraria expeditione per pontificiam ditionem). In diesem Werke beschrieb Bošković kleine hölzerne, in der Höhe verstellbare, dreifüssige Tische, die bei den Basismessungen als Unterlagen der Maszstäbe dienten. Es war eine der von Bošković eingeführten glücklichen Neuierungen, dass man von nun an die Basis »in der Luft« masz, und nicht »am Boden kriechend«. Nun sind die Bošković'schen »Dreifüßer« derart ähnlich den sogen. Gauss'schen Stativen der praktischen Physik, dass diese Stativ e wohl die Benennung Stativ e nach Bošković verdienen.

Die bezüglichen Stellen des genannten Werkes (Opusculum IV Num. 337/338, I 111) werden in kroatischer Übersetzung wiedergegeben.

Prof. Nikolaj Abakumov:

## GEOID

Geoid — oblik Zemlje. Ali što podrazumijevamo pod tim oblikom? Veliki je dio Zemljine površine, naime oko 73,5%, pokriven oceanima i morima, kojima je nivo u neku ruku jednak; međutim su kopna i otoci veoma često ispresijecani uzvisinama i udubinama, te izgleda, da se ne može govoriti o nekom općem matematičkom obliku Zemlje. No svi bregovi, koji izgledaju za čovjeka tako veliki i visoki, a katkada i nepristupačni, u omjeru prema čitavoj Zemlji predstavljaju jedva primjetne neravnine. Dakle ako zamislimo nivo-plohu oceana produženu ispod kopna, dobijemo potpuno jasnu sliku oblika Zemlje, koju već možemo proučavati s matematske točke gledišta.

Historiju izučavanja oblika Zemlje možemo podijeliti na dva perioda: prije Newtona i poslije njega. Za vrijeme prve periode čovječanstvo je zaključivalo o obliku Zemlje samo na temelju svojih vlastitih utisaka. Prirodno je, da se u stara vremena Zemlju smatralo ravnom pločom okruženom oceanom.

No zakrivljenost se Zemljine plohe jasno osjećala pri promatranju broda, koji ploveći od obale kao da zaroni u morsku pučinu; nadalje iz uzdizanja Polarnice nad horizont, kad se ide prema sjeveru. Zato je Pitagora (rođen 582. godine prije naše ere) proglasio Zemlju kuglom. Takav oblik Zemlje potpuno je zadovoljio čovječanstvo. Kugla se smatrala savršenim tijelom i Zemlja, koja se nalazila u centru Svemira, po shvatanju starih naučenjaka, morala je biti savršenim tijelom. Zato se oni nisu brinuli za oblik Zemlje, oblik je već bio određen, nego samo za njene dimenzije.

U XVI. stoljeću Kopernik je u svom radu: »De revolutionibus orbium coelestium« pokazao da Zemlja ne miruje, nego se okreće oko svoje osi za 24 sata.

Francuski je astronom J. Richer 1672. godine putovao u Kajenu (Cayenne), koja se nalazi u Južnoj Americi blizu ekvatora, radi astronomske opažanja, a napose radi određivanja paralakse Marsa. On je ustanovio, da je njegov astronomski sat, koji je bio dotjeran u Parizu, počeo u Kajeni zakašnjavati za 21—22 minute u jedan dan. Radi ponovnog dotjeravanja njegova hoda bilo je potrebno skratiti ga za  $1\frac{1}{2}$  pariskih linija (oko 3 mm).

Ova je, na prvi pogled nerazumljiva pojava, bila u stvari prvom lastom, koja je donijela vijest o tome, da je Zemlja spljoštena na polovima.

Krajem XVII. vijeka pojavili su se radovi: Huyghensa (Horum oscillatorium 1673.), u kojem on raspravlja pitanje centrifugalne sile, (De causa gravitatis, 1690.) i Newtona (Philosophiae naturalis principia mathematica, 1687.). Ovi su radovi iz korijena promijenili nazore o obliku Zemlje. U svom radu Newton je, polazeći od pretpostavke, da je nekoć cijela Zemlja bila u užarenom tekućem stanju, a da je sada njezina površina većim dijelom pokrivena vodom, pokazao, da žitko tijelo, kojega su čestice podvrgnute uzajamnom privlačenju, poprima oblik kugle, ako je nepomično i jedino u prostoru. Okretanjem, pak, oko jedne osi pretvara se kugla u sferoid (tijelo dobiveno rotacijom elipse sa malom sploštenošću). Newtonova je teorija gravitacije prenijela pitanje o obliku Zemlje u čisto matematičku oblast. Nivo ploha oceana, o kojoj smo govorili u početku, a pod kojom sada razumijevamo onu zakrivljenu površinu, koja je uvijek okomita na smjer sile teže, u svakoj točki, povezala se sa funkcijom sile teže, ili kako se sada naziva, sa potencijalom sile teže. To je već oblast teoretske mehanike. Pojavila se nova naučna disciplina: geofizika. Od tada se proučavanje oblika Zemlje podijelilo na dva smjera — smjer geometrijski i smjer fizički. Prvi je smjer osnovan na geodetsko-astronomskim radovima, drugi na gravimetriji. Čitav niz velikih umova prihvatio se posla na rješavanju ovog pitanja. Jugo-



slavenski narodi mogu biti ponosni da u ovom nizu jedno od prvih mjesta zauzima Ruder Bošković. Interesantno je, da je Ruder Bošković od samog početka izabrao potpuno ispravan put proučavanja oblika Zemlje. U svojim radovima on je preporučao da se u tu svrhu upotrebi i jedan i drugi smjer. Samo je u tom slučaju, po njegovu mišljenju, moguće ispravno riješiti pitanje oblika Zemlje. Pritome on je bio potpuno načisto, da se Zemljin oblik ne može prikazati nekim geometrijskim tijelom, kao na primjer sferoidom. On je smatrao da Zemlja nije sferoid, nego predstavlja tijelo, koje samo u općim crtama sliči sferoidu i upozorava naučni svijet, da uzrok ovome treba tražiti uglavnom u nepravilnoj razdobi gustoće Zemljine kore. Dakle su nazorj Boškovića bili potpuno ispravni: on je već pronašao istiniti oblik Zemlje, koji, po prijedlogu profesora Listinga iz Göttingena (1873.) zovemo: geoid.

Naučenjaci nisu pošli putem, koji je pokazao Ruder Bošković. Za njih je bilo važno teoretsko razlaganje Newtona i Huyghensa provjeriti praktičnim mjerenjem. Ovaj su zadatak prihvatili francuski naučenjaci. Poznato je, da elipsa predstavlja figuru, kod koje je najveća zakrivljenost na kraju velike osi, a najmanja na kraju male osi. Iz toga izlazi, da će obrnuto, polumjeri zakrivljenosti biti sve veći, kad se ide od ekvatora prema polu, a prema tome će dakle linearna dužina jednog stupnja meridijana u njegovom južnom dijelu biti manja nego na sjevernom dijelu.

Francuzi: Cassini, Maraldi i La Hire izvršili su veća mjerenja stupnja duž pariskog meridijana. Ali su, nažalost, ova mjerenja stupnja bila vrlo blizu jedno drugom, a osim toga pribor za mjerenje nije bio osobito točan, pa je neočekivano dobijan suprotan rezultat nego što je tvrdila teorija. Na osnovu ovoga rezultata izlazi, da bi Zemlja morala biti rastegnuta po svojoj osi vrtnje, dakle jajastog oblika. Zbog toga je nastao veliki spor u čitavom znanstvenom svijetu. Ova francuska mjerenja su vrlo poučna, jer pokazuju kako je opasno stvarati zaključke iz nedostatno pouzdanog materijala.

Zasluga, međutim, da se ovaj spor riješio, pripada Francuzima. Oni su izveli dva nova mjerenja: jedno u Peru-u, dakle blizu ekvatora 1735.—1741., a drugo u Laplandiji, blizu pola 1736.—37. Rezultati su nedvojbeno potvrdili teoretska ispitivanja Newtona. Ako je kugla prva aproksimacija pravog oblika Zemlje, to je sada nađena druga aproksimacija — sferoid sa spljoštenošću  $\frac{1}{300}$ . Sferoid je bio usvojen u praktičnim geodetskim radovima i njegova je površina smatrana osnovicom u višoj geodeziji i kartografiji. Tek nakon jednog stoljeća na osnovu nesuglasica, koje su se pojavile pri obradi triangulacije, došli su do zaključka, da istiniti oblik Zemlje nije moguće predočiti nikakvim sferoidom i da on zavisi od uzroka, koji se ne mogu predočiti jednostavnim matematičkim postupkom. Dakle su došli do zaključka, o kojem je u samom početku govorio Ruder Bošković. Zemlja je geoid, koji je nemoguće predočiti ikakvom matematičkom formulom, ali koji ipak sliči sferoidu. Pogledajmo sada kako je došlo do ovakvog zaključka.

Radi orijentacije geografskih karata neke države na jednom od odabranih sferoida neophodno je potrebno odrediti geografske koordinate jedne točke ove države astronomskim putem, dok ćemo koordinate drugih točaka dobiti računskim putem s elementima odabranog sferoida. Ako su ove koordinate geografske (t. j. širina, duljina i azimut) one već nose naziv geografskih geodetskih koordinata, za razliku od geografskih astronomskih, određenih neposrednim astronomskim opažanjima.

Svi se astronomski i geodetski instrumenti, pomoću kojih vršimo opažanja, orijentiraju u odnosu na horizont. — pomoću libela, čiji mjesto uvijek zauzima položaj okomito na pravac viska, a pravac se viska u datoj točki poklapa sa pravcem prave težišnice, t. j. težišnice, koja pripada pravom obliku Zemlje: geoidu. Ali karte možemo napraviti projiciranjem na površinu nekog određenog sferoida. Za određivanje oblika i dimenzija Zemlje, ako bi ona bila pravilno geometrijsko tijelo, dovoljno bi bilo imati rezultate tek dva mjerenja stupnja, pod uvjetom, da su ona izvedena na točkama po mogućnosti sa što većom razlikom širine.

Tako su i postupili učenjaci u XVIII. i XIX. vijeku. No poslije, nagomilavanjem rezultata drugih mjerenja stupnja, nije bilo dovoljno uzeti jednostavno sredinu iz različitih određivanja, nego se je moralo odrediti metodom najmanjih kvadrata najvjerojatniju vrijednost. Tako su na primjer Besselovi elementi dobiveni iz deset raznih mjerenja. Ovi su elementi uzeti za karte i premjer Jugoslavije. Uspoređivanjem različitih mjerenja stupnja postalo je potpuno jasno da su otkloni pojedinih određivanja tako znatni, da se nisu nikako mogli protumačiti običnim griješkama mjerenja.

Različiti elementi sferoida dobivaju se prema položaju područja gradusnih (stupanjskih) mjerenja na Zemljinoj plohi i duljini izmjerenih lukova. A to znači, da se nivo ploha Zemlje u cjelini ne može prikazati nikakvim pravilnim geometrijskim tijelom. Do istih zaključaka dolazimo i uspoređivanjem geodetskih koordinata sa geografskim, o čemu smo ranije govorili. Odredili smo geografske koordinate astronomskog paviljona u Maksimiru neposrednim astronomskim opažanjima, a isto tako geografske koordinate Sljemena. Povezali smo ove točke triangulacijom i sračunali na Besselovom sferoidu geodetske koordinate Sljemena. Usporedivši astronomske koordinate Sljemena s ovim geodetskim dobili smo ove razlike:

$$\Delta \varphi = + 5,41 \text{ u smislu astronomske minus}$$

$$\Delta \lambda = - 3,36 \text{ geodetske koordinate.}$$

To nisu male veličine. Jedna sekunda kod širine iznosi linearno oko 30 metara, a kod duljine, za našu širinu, oko 20 metra. Dakle Sljeme se premjestilo po širini oko 150 metara, a po duljini oko 60 metara.

Pri prvom pogledu na kartu vidi se, da je položaj Zagrebačke gore u odnosu prema astronomskom paviljonu takav, da ona mora izazvati otklon težišnice ovog paviljona i to baš u dobivenom smislu. Zagrebačka gora privlači težišnicu, t. j. drugim riječima, visak. Dakle se zenit astronomskog paviljona odmiče na jug, blagodareći tome astronomska širina paviljona, a dakle i geodetska Sljemena izlazi manja. Najviši dio Zagrebačke gore, Sljeme, nalazi se zapadno od astronomskog paviljona, dakle je visak u paviljonu

otklonjen na zapad, a zenit na istok, blagodareći tome povećava se geodetska duljina Sljemena.

Po definiciji nivo plohe geoida ona mora biti uvijek okomita na smjer težišnice, na smjer viska, a to znači da masa Zagrebačke gore uzdiže nivo plohu geoida iznad plohe sferoida. Gotovo sva brda čitavog svijeta daju isti efekt u zavisnosti od veličine njihovih masa. Dakle položaj nivo plohe geoida u odnosu prema plohi sferoida zavisi od ovakvih neravnina terena i strogo govoreći, možemo proučavati plohu geoida na relativno malom prostoru!

U prvo je vrijeme izgledalo, da je potpuno dovoljno uzeti u obzir otklone težišnice nastale uslijed suvišnih masa u brdima i nedostataka na vodenim arealima, pa da se postigne puna suglasnost barem na području triangulacije (mjerenju stupnja), na temelju kojih su bili određeni elementi datog sferoida, t. j. geodetske koordinate bile bi jednake astronomskim. Stvarnost je donijela, međutim, potpuno razočaranje. Vrlo često pri proučavanju otklona težišnice nastaju velike nepravilnosti. Veliki geodetski radovi, izvršeni od strane Engleza u Indiji na prostoru, koji se proteže od Himalajskog gorja na sjeveru do dubokog Indijskog oceana na jugu, pokazali su da golemi Himalajski masiv privlači visak u mnogo manjoj mjeri, nego bi se to očekivalo obzirom na veličinu njegove mase. U isto vrijeme Indijski ocean nije pokazao nikakvog utjecaja na visak. U Rusiji pak, na ravnici južno od Moskve neočekivano su dobiveni veliki otkloni težišnice. Takve anomalije bile su ustanovljene na mnogim mjestima. Potrebno je bilo potražiti uzrok ove pojave i pronaći metodu, koja bi dovela u saglasje sferoid i geoid. Pojavilo se mnogo svakovrsnih hipoteza. Živimo sada baš u eri provjeravanja ovih hipoteza. Za pravilno rješenje ovog zadatka treba prikupiti veliki i to pouzdani materijal. Da bismo dobili idealni sferoid, koji bi najbolje odgovarao istinitom obliku Zemlje geoidu, treba svu površinu kopna i velikih otoka pokriti neprekidnom mrežom triangulacija i izvršiti na mnogim točkama astronomska određivanja širine, dužine i azimuta. U geodetskoj literaturi takve su točke dobile naziv Laplaceove, po Laplace-u (1749.—1827.), koji se mnogo bavio pitanjem



o obliku Zemlje i pronašao formule, koje vežu odklon težišnice po duljini s istim odklonom po azimutu. Ali ovaj golemi rad ne će riješiti pitanje, jer će ostati neispitan najveći dio Zemljine površine — oceani. Dakle je geometrijski smjer, u neku ruku, došao u čor sokak. Zasluga je tog smjera velika — samo pomoću njega moguće je odrediti ne samo oblik Zemlje, nego i njene dimenzije.

U pomoć su došli fizičari. Oni su za određivanje oblika Zemlje predložili dinamičku metodu. Pojavila se fizička teorija oblika Zemlje, u kojoj je izučavanje smjera teže zamjenjeno s izučavanjem njenog potencijala, koji se izražava akceleracijom, koju daje sila teža tijelima.

Clairaut je 1743. godine dokazao, da je pomoću jednostavne formule, a na temelju razlike akceleracije sile teže na ekvatoru i polovima, moguće sračunati spljoštenost Zemlje. Najjednostavnije određivanje akceleracije sile teže vrši se pomoću njihala. Takvo određivanje moguće je načiniti ne samo na svakom malom otoku, nego, nakon pronalaska Holandanina Dr Ven'ing-Meinesz-a, može se pomoću njihala odrediti akceleraciju sile teže u podmornicama pod vodom. Tako sada postoji mogućnost odrediti akceleraciju sile teže na svim točkama Zemljine površine. Akceleracija sile teže zavisi od oblika nivo plohe, ali osim toga i od raspodjele masa unutar Zemlje. Čovječanstvo je dobilo novu metodu određivanja oblika Zemlje potpuno nezavisnu od geometrijske metode.

Činjenica, da u Clairaut-ovu formulu ulazi velika poluos Zemljinog sferoida, ne mijenja stvar; i ako u tu formulu uvrstimo veliku poluos bilo kakvog sferoida dobijemo istu spljoštenost. Razumije se, da će proći mnogo godina, dok će na čitavoj Zemlji biti određena akceleracija sile teže i spljoštenost idealnog sferoida, čija će površina najbolje odgovarati nivo plohi geoida. Ali se i sada spljoštenost određena geometrijskom metodom potpuno poklapa sa spljoštenosti određenom pomoću gravimetrijske metode i to okruglo  $\frac{1}{300}$ .

Teorija oblika Zemlje (teorija potencijala sile teže) određuje oblik teoretskog geoida (nazvat ćemo ga tako za razliku od isti-

nitog geoida). Ploha ovog teoretskog geoida dosta je složena. Dovoljno je reći, da je meridijan teoretskog geoida izražen u pravokutnim koordinatama krivulja 14. reda. Ali bez obzira na ovu složenost teoretski je geoid veoma sličan običnom sferoidu. U prvom približenju geoid obuhvaća sferoid tangirajući ga na polovima i na ekvatoru. Maksimalno odstupanje plohe geoida od plohe sferoida (kod  $\varphi = 45^\circ$ ) jednako je svega približno 20 metara.

Kako se pomoću mjerenja stupnja određuje elemente sferoida, tako se i na osnovu neposredno opažanih akceleracija može odrediti jednadžba sa brojnim koeficijentima, pomoću koje možemo sračunati akceleraciju sile teže za proizvoljnu točku Zemljine površine, a u isto vrijeme usporediti ovu akceleraciju sa neposredno opažanom. Ovakvo je uspoređenje, kao i kod geodetsko-astronomskih radova, potvrdilo postojanje odklona težišnice, jer se opažane akceleracije nisu poklapale sa izračunatim, pa dakle i teoretski geoid s istinitim. Uzrok je ovome isti — nepravilna raspodjela gustoće u Zemljinoj kori.

Iz gore izloženog vidimo, da osim istinitog oblika Zemlje — geoida, čije je proučavanje još daleko od svršetka, postoji čitav niz sferoida, čiji su elementi dobiveni na osnovu različitih mjerenja stupnja, a koji su položeni na osnovu kartografskih radova zasebnih država: sferoid Bessela, Clarkea, Helmerta, Hayforda, Krasovskog i t. d. Doduše, Internacionalna geodetsko-geofizička unija na kongresu održanom u Madridu 1924. godine usvojila je internacionalni sferoid i to:

*Hayford (1909.)*

Velika poluos  $a = 6378388$  metara

Mala „  $b = 6356909$

Spljoštenost  $\frac{a-b}{a} = 1 : 297$

No ovo je usvajanje ostalo na papiru. Gotovo su sve države Zapadne Evrope za praktične radove zadržale Bessel-ove elemente

Bessel (1841.)

$$a = 6377397,155 \text{ metara}$$

$$b = 6356078,963$$

$$\frac{a-b}{a} = 1 : 299,15$$

Sovjetski je Savez usvojio 1942. godine sferoid Krasovskog

Krasovski (1942.)

$$a = 6378245 \text{ metara}$$

$$b = 6356863$$

$$\frac{a-b}{a} = 1 : 298,3$$

Zadatak geodezije: pronaći takav idealan sferoid, koji bi najbolje ličio na pravi oblik Zemlje — geoid, nije riješen.

Osım sferoida, postoji još jedan približni oblik Zemlje — teoretski geoid, koji je potreban radi proučavanja oblika Zemlje pomoću akceleracije sile teže. I teorijskih geoida postoji već nekoliko, navedimo dva:

Helmert (1901.—1909.) (reduciran na Potsdam)

$$\gamma_0 = 978,030 (1 + 0,005302 \sin^2 \varphi - 0,000007 \sin^2 2\varphi) \text{ cm sec}^{-2}$$

Cassinis (1930.)

$$\gamma_0 = 978,0490 (1 + 0,0052884 \sin^2 \varphi - 0,0000059 \sin^2 2\varphi) \text{ cm sec}^{-2}$$

$\gamma_0$  — akceleracija sile teže reducirana na nivo plohu mora.

Cassinis-ov geoid je usvojen na geodetskom kongresu u Stockholmu 1930. god. kao internacionalni. U Helmertovom koeficijent pri  $\sin^2 \varphi$  određen je iz opažanja, a koeficijent pri  $\sin^2 2\varphi$  određen je teoretski.

Kod Cassinisa i jedan i drugi koeficijent određeni su teoretski na osnovu spljoštenosti internacionalnog sferoida 1 : 297.

Kako smo spomenuli naprijed, Indija je bila kolijevkom stvaranja hipoteza radi objašnjenja anomalija u otklonu težišnica. Sve ove hipoteze imaju u svojoj osnovi teoriju izostazije Zemlje.

Pojam Zemljine izostazije sastoji se u slijedećem: zasebni se dijelovi Zemljine kore nalaze u stanju ravnoteže, kao da plivaju u jednoj plastičnoj masi po zakonima hidrostatičke, a to se svodi na konstataciju: gustoća gornjih slojeva Zemlje nije jednolika, ali se na određenoj dubini nalazi površina, ispod koje su slijedeći donji koncentrični slojevi već jednoliki. Ova je površina dobila u geodetskoj literaturi naziv izostatička.

Sada je izniklo novo pitanje: na kojoj se dubini nalazi izostatička površina. Različite hipoteze daju razne dubine. Amerikanac I. F. Hayford je pri određivanju elemenata svoga sferoida primijenio Prattovu hipotezu i pronašao dubinu izostatičke površine jednakom 122,2 kilometra. Elementi Hayfordova sferoida sračunati su na osnovu geodetsko-astronomskih radova izvršenih samo u Sjevernoj Americi, dakle imaju posve mjesni karakter, bez obzira na to, da je ovaj sferoid usvojen kao internacionalni.

Internacionalna je geodetska unija obratila veliku pažnju na pojavu izostazija. 1936. godine radi proučavanja ove pojave, bio je osnovan posebni Zavod za izostaziju u Helsinkiju (Finska) pod upravom Finca W. Heiskanena. Ovaj je institut već sastavio posebne karte, pomoću kojih se može uzimati izostatičke redukcije akceleracija sile teže za sve točke površine Zemlje između paralela  $+70^\circ$  do  $-40^\circ$  geografske širine. Sam se postupak uzimanja izostatičke redukcije sastoji u slijedećem. Najprije zamišljamo da je akceleracija sile teže dobivena neposrednim opažanjem smanjena za veličinu vertikalne komponente, koju stvaraju sve mase, koje se nalaze iznad nivo plohe mora. Nakon toga iste mase zamišljamo nabijene — između nivo plohe mora i izostatičke površine radi uspostavljanja izostatičke kompenzacije, t. j. da bi ove mase bile jednoliko raspoređene u ovom prostoru, i dobivenu akceleraciju povećavamo za veličinu privlačenja ovih masa. Nakon ovih se operacija točka, na kojoj je bilo izvršeno opažanje, spušta na nivo plohu mora pomoću obične korekcije slobodnog uzduha. Teoretski geoid obrađen izostatički zove se izostatičkim geoidom. Mišljenje se pojedinih učenjaka razilazi u pogledu podudaranja



izostatičkog geoida s istinitim. M. A. Glennie je našao, da je u Indiji, kolijevci ove teorije, ovo podudaranje vrlo slabo.

Na kraju treba spomenuti činjenicu, na koju je upozorio Ruder Bošković, da je Zemlja elastično tijelo i mijenja svoj oblik pod utjecajem Sunca i Mjeseca (plima i oseka krutih dijelova Zemlje). Dakle je zadaća o obliku Zemlje u svojoj biti neodređiva. Geoid nije stalna veličina i u budućnosti će čovječanstvo biti prisiljeno uvesti i za geoid epohu. Za ovu svrhu treba pronaći nove metode, nove sprave radi određivanja oblika i dimenzije Zemlje, koje bi dozvolile izvršiti ovaj rad relativno brzo. Takve metode već su na vidiku. Sada se vrše ispitivanja određivanja dužine pomoću brzine svjetlosti, a njihala se zamjenjuju gravimetrima, čiju je ideju također dao Ruder Bošković.

Dr. Danilo Blanuša:

## PROBLEMI KOZMOLOGIJE I KOZMOGONIJE

### 1. Geometrijska razmatranja

Razapnemo li tanku nit između dviju točaka u ravnini, dobit ćemo najkraću spojnicu ili »geodetsku crtu«, koju zovemo »pravac«. Spojimo li tri točke u ravnini pravcima i izmjerimo kutove nastalog trokuta, vidjet ćemo, da im zbroj iznosi  $180^\circ$ . Odlaberemo li na kugloj plohi tri točke i spojimo ih napetim nitima, dobit ćemo sferni trokut, kojemu su stranice geodetske crte na kugli, t. j. dijelovi glavnih krugova. Zbroj kutova u takvom trokutu je veći od  $180^\circ$ . Vidi se dakle, da trokut, kojemu su stranice geodetske crte, u ravnini ima drukčija svojstva nego na kugli. Na toj plohi dakle vrijedi drukčija geometrija nego u ravnini, gdje vrijedi »euklidska« geometrija, koja se uči u srednjoj školi. Geometriju, koja vrijedi na kugli, zovemo »sfernom« geometrijom.

Razapnemo li sada tri niti između triju točaka u našem trodimenzionalnom prostoru, znamo, da će zbroj kutova biti jednak  $180^\circ$ . No što bi bilo, da nam neko vrlo točno mjerenje na nekom, možda vrlo velikom, trokutu pokaže, da je taj zbroj nešto malo veći od  $180^\circ$ ? Pa da nam možda daljim mjerenjima na raznim trokutima uspije ustanoviti, da je suvišak zbroja kutova iznad  $180^\circ$  proporcionalan s površinom trokuta, kako to vrijedi za trokute na kugli? Morali bismo nužno pomisliti, da je geometrija, koja vrijedi u našem prostoru, neko poopćenje geometrije na kugli, kao što je euklidska geometrija prostora poopćenje geometrije u ravnini.

Ako se pita, kako bi se najlakše mogla izučavati takva tro-dimenzionalna »sferna« geometrija, onda se treba sjetiti, kako se dobivaju svojstva likova na kuglinoj plohi. Zamišljajući tu plohu smještenu u trodimenzionalnom euklidskom prostoru dobivamo na temelju poznatih nam geometrijskih svojstava toga prostora svojstva likova na kuglinoj plohi. Možemo reći, da je dvodimenzionalna sferna geometrija na kuglinoj plohi »inducirana« od euklidske geometrije smještajnoga trodimenzionalnog prostora, u kojemu se ta kugla nalazi. Ne bi li se na sličan način moglo doći i do trodimenzionalne sferne geometrije? Trebalo bi u tu svrhu trodimenzionalni »sferni« prostor shvatiti kao smješten u nekom euklidskom prostoru većeg broja dimenzija, a to i nije tako teško.

Sjetimo se, kako je definirana kružnica u ravnini. Kažemo, da je to geometrijsko mjesto točaka, koje su jednako udaljene od jedne točke, središta te kružnice. Neka je to središte, recimo, u ishodištu koordinatnog sustava. Po Pitagorinu poučku je kvadrat udaljenosti neke točke u ravnini s koordinatama  $x, y$  jednak  $x^2 + y^2$ . Mora dakle vrijediti za sve točke kružnice, da je

$$x^2 + y^2 = R^2 \quad (1)$$

ako je  $R$  njezin polumjer. Analogno znamo, da je u prostoru kvadrat udaljenosti točke s koordinatama  $x, y, z$  od ishodišta jednak  $x^2 + y^2 + z^2$ , dakle će kuglina ploha, koja je analogno definirana kao kružnica, imati jednadžbu

$$x^2 + y^2 + z^2 = R^2. \quad (2)$$

Prijedemo li na razmatranje četverodimenzionalnog prostora i pitamo za geometrijsko mjesto točaka jednako udaljenih od ishodišta koordinatnog sustava, koji je sada razapet sa četiri međusobno okomite koordinatne osi, dobit ćemo analogno jednadžbu trodimenzionalnog sfernog prostora:

$$x^2 + y^2 + z^2 + u^2 = R^2. \quad (3)$$

Sustavnim poopćivanjem postupaka, koji nas u trodimenzionalnom euklidskom prostoru dovode do svojstava likova na kuglinoj plohi, možemo istražiti i geometrijska svojstva sfernog trodimenzional-

nog prostora, smještenog u euklidskom četverodimenzionalnom prostoru. Ne možemo dakako ovdje provesti takvo razmatranje, ali ćemo ipak spomenuti neka svojstva toga sfernog prostora, služeći se radi lakšeg razumijevanja analogijom s kuglinom plohom, t. j. s dvodimenzionalnim sfernim prostorom.

Ravnina je neograničena ploha s neizmjerljivo velikom površinom. Kuglina ploha je također neograničena, ona nema nikakve granice ili ruba, koji bi nas priječio, da po njoj putujemo kamo hoćemo i kako dugo hoćemo. Te granice nema, jer je to u sebi zatvorena ploha. No njezina je površina konačna i jednaka  $4R^2\pi$ . Trodimenzionalni euklidski prostor je neograničen i ima neizmjerljivo velik volumen. Trodimenzionalni sferni prostor neograničen je, možemo u njemu putovati kako god hoćemo, a da ne ćemo naići na zapreku. No njegov je volumen konačan, jer je to u sebi zatvoren prostor, slično kao što je u sebi zatvorena kuglina ploha. Može se izračunati, da taj volumen iznosi

$$V = 2R^3\pi^2. \quad (4)$$

Moglo bi se pitati, da li bi se mjerenjem kutova nekoga trokuta mogao odrediti polumjer  $R$  toga prostora. Zaista je to u načelu moguće. Poslužimo se, recimo, nekim pravokutnim trokutom, kojemu smo izmjerili duljinu  $c$  hipotenuze i kutove  $\alpha$  i  $\beta$  uz hipotenuzu. Vrijedi onda kao u sfernoj trigonometriji, da je

$$\cos \frac{c}{R} = \operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta. \quad (5)$$

Iz ove jednadžbe mogao bi se izračunati  $R$ .

Podemo li iz neke točke na kugli u nekom smjeru po geodetskoj, t. j. po najravnijoj crti, kako nam je određuje napeta nit, doći ćemo, obišavši kuglinu plohu, opet u istu točku, vraćajući se iz protivnoga smjera. Prevaljeni put je »opseg« kugline plohe i iznosi  $2R\pi$ . Podemo li iz neke točke sfernoga prostora u nekom smjeru po geodetskoj crti, kako nam je određuje napeta nit, doći ćemo i tu opet do iste točke prošavši put  $2R\pi$ , koji zovemo »opseg« sfernoga prostora. I ovdje se vraćamo u tu točku sa suprotne strane. Ova tvrdnja kod laika obično nailazi na veliko



protivljenje, jer je nikako ne možemo zorno obuhvatiti. No da smo kojim slučajem dvodimenzionalna, plošna bića, koja žive na kuglinoj plohi, vrlo bismo se čudili, da idući uvijek naprijed i ne skrećući ni lijevo ni desno, dođemo opet do ishodne točke. Da smo pri tome obišli kružnicu u prostoru, ne možemo uvidjeti, jer nam nedostaje zorna predodžba trodimenzionalnih odnosa. Mi smo uvjereni, da smo neprestano išli »ravno«, po »pravcu«. Kako smo se onda mogli vratiti u prvotnu točku?

Podu li na kuglinoj plohi iz jedne točke putnici u raznim smjerovima po geodetskim crtama, t. j. po glavnim krugovima, oni će se sastati u dijametralno suprotnoj točki, pošto su prevalili put  $R\pi$ . Podu li u sfernom prostoru iz jedne točke putnici u raznim smjerovima po »pravcima«, t. j. po najravnijim, dakle po geodetskim crtama, i oni će se, pošto su prevalili put  $R\pi$ , sastati u jednoj točki, koju zovemo dijametralnom.

Odaberimo na kuglinoj plohi jednu točku, recimo sjeverni pol na zemaljskoj kugli, i opišimo oko njega kružnice, kojima je taj pol sferno središte. To bi na zemaljskoj kugli bile paralele. Povećamo li sferni polumjer takve kružnice, t. j. udaljenost pola mjerenu uzduž meridijana do jedne točke paralele, opseg takve kružnice će se povećavati, dok paralela ne prijeđe u ekvator. Povećamo li dalje sferni polumjer, kružnica se opet smanjuje, dok se ne stegne u dijametralnu točku, u južni pol. Analogno, ako oko neke točke sfernoga prostora opišemo koncentrične kugle, njihova površina će se povećavati, kad im povećavamo polumjer, do nekoga maksimuma. Dotičnu kuglu ćemo zvati ekvatorom s obzirom na odabranu točku kao pol. Povećavamo li dalje polumjer, kugla se smanjuje i konačno stegne u dijametralnu točku. Površina ekvatorijalne kugle bit će  $4R^2\pi$ , a njezin polumjer je  $\frac{R\pi}{2}$ , jednako kao sferni polumjer ekvatora na kugli.

Računamo li na kugli površinu  $P$  unutar kružnice, kojoj je zadan sferni polumjer  $r$  (mjereno u jedinicama duljine, ne u stupnjevima), t. j. površinu kalote omedene tom kružnicom, dobivamo

$$P = 4\pi R^2 \sin^2 \frac{r}{2R} \quad (6)$$

Za volumen unutar kugle u sfernom prostoru račun daje

$$V = 2\pi R^2 \left( r - \frac{R}{2} \sin \frac{2r}{R} \right). \quad (7)$$

Stavimo li  $r = \frac{R\pi}{2}$ , daje nam (6) površinu polukugle (t. j. kalote omedene ekvatorom, a (7) prelazi u volumen ekvatorijalne kugle, t. j. volumen sfernog poluprostora, u skladu sa (4).

Povucimo sada kroz jednu točku sfernoga prostora sve geodetske crte okomite na jedan zadan smjer. Te crte tvore »geodetsku«, t. j. najravniju plohu. Takva je ploha u stvari »glavna« kugla sfernoga prostora, analogno kao što je na kuglinoj plohi geodetska crta glavni krug. Za nas, koji smo u tom prostoru, ta će najravnija ploha biti »ravnina«, kao što je za plošna bića na kugli glavni krug »pravac«. No na toj ravnini vrijedi sferna geometrija, ona je u sebi zatvorena, i ako u njoj putujemo u nekom stalnom smjeru, vratit ćemo se s protivne strane u ishodnu točku.

Pošto smo tako upoznali neka svojstva sfernoga prostora, prijeći ćemo na drugo pitanje. Pretpostavimo, da je na nekoj plohi mjerenjima ustanovljeno, da geodetski trokuti imaju suvišak zbroja kutova iznad  $180^\circ$ , koji je proporcionalan s površinom trokuta. Da li onda ta ploha mora biti kugla, ili možda postoji još koja druga zatvorena ploha, na kojoj je takva geometrija moguća? Zaista ima još jedna druga mogućnost. Pokušat ćemo najprije tu plohu definirati na ponešto apstraktan način. Uzmimo kuglinu plohu i »identificirajmo« dijametralne točke, t. j. smatrajmo, da su dvije dijametralne točke jedna te ista točka. Geometrija u manjim dijelovima plohe, u kojima nema parova dijametralnih točaka, nije se time promijenila. No promijenila se geometrija, ako promatramo cijelu plohu. Na kugli se dvije geodetske crte, t. j. dva glavna kruga, sijeku u dvije točke, koje su dijametralne. Smatramo li ih jednom točkom, postigli smo, da se dvije takve crte sijeku samo u jednoj točki. Time smo se približili euklidskoj geometriji, gdje se dvije geodetske crte, t. j. dva pravca, također mogu sjeći samo u jednoj točki. Razlika je samo ta, da u euklidskoj geometriji pravci mogu da se i ne sijeku (kada su paralelni), dok te mogućnosti ovdje nema. Geometrija, koja je

dobivena takvim identificiranjem dijametralnih točaka na kugli, jedna je od dviju »neeuklidskih geometrija« i zove se »eliptička geometrija«. Druga je neeuklidska geometrija t. zv. »hiperbolna geometrija« ili »geometrija Lobačevskog«, za koju je karakteristično, da je zbroj kutova u trokutu manji od  $180^\circ$  i da je manjak proporcionalan s površinom trokuta. Kroz neku točku može se u toj geometriji povući neizmjereno mnogo pravaca, koji ne sijeku zadani pravac, dok u euklidskoj geometriji ima samo jedan takav pravac, a u eliptičkoj nijedan. Te su neeuklidske geometrije upravo pronađene na temelju dugotrajnih uzaludnih pokušaja, da se aksiom o paralelama u euklidskoj geometriji dokaže iz drugih aksioma. Kako vidimo, eliptička je geometrija identična sa sfernom, ako se promatraju samo manji dijelovi plohe, ali se od nje razlikuje, kada plohu promatramo u cjelini.

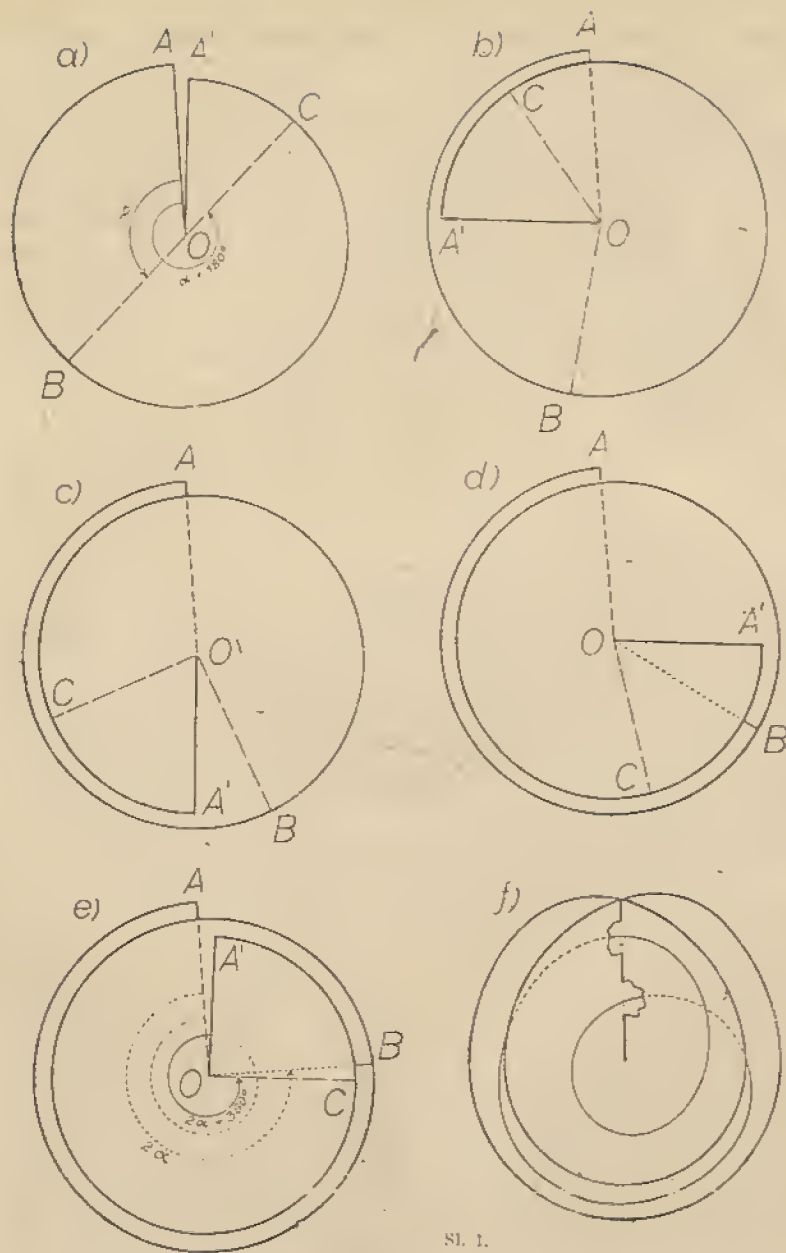
Vratimo se sada na našu kuglu, na kojoj su identificirane dijametralne točke. Poželjno bi bilo naći plohu, na kojoj vrijedi eliptička geometrija, a da ne trebamo prethodno identificirati neke točke, t. j. htjeli bismo, da na toj plohi »jedna točka« bude zbilja samo jedna točka. Da do takve plohe dođemo, razrežimo našu kuglu uzduž ekvatora i odbacimo, recimo, južnu polovicu. Točke te južne polukugle već su zastupane na sjevernoj polovici kao njima dijametralne točke, koje su s njima identične. Jedino je na rubu sjeverne polukugle, t. j. na ekvatoru, još ostalo dijametralnih točaka. Da se i njih riješimo, trebalo bi polukuglu svinuti tako, da se dijametralne točke ekvatora sastanu i tako budu stvarno identificirane. Time bi ujedno iz otvorene polukugle opet nastala zatvorena ploha. No to bismo savijanje htjeli izvršiti tako, da duljine crta i kutovi na plohi ostanu nepromijenjeni, jer će onda geodetske, t. j. najkraće crte (sjetimo se napete niti) ostati najkraće, dakle će geodetski trokut ostati geodetski trokut s istim kutovima, i geometrija na plohi nije poremećena. Treba dakle plohu svinuti bez rastezanja ili, kako se još kaže, bez unutarnjeg »izobličenja«. Za početak ćemo međutim odbaciti taj drugi zahtjev i dopustiti, da plohu rastežemo kako hoćemo. Ne

smijemo je samo raskinuti, t. j. svaka suvisla crta na njoj mora ostati suvisla.

Zamislimo dakle polukuglu kao neku gumenu membranu i rastegnimo joj jako rub, tako da se polukugla razvuče u ravnu plohu omeđenu kružnicom, koja je nastala rastezanjem njezina ruba. Razrežat ćemo tu kružnu membranu uzduž jednoga njezina polumjera  $OA$  (sl. 1a). Time smo je doduše raskinuli, ali ćemo to popraviti, jer ćemo na kraju taj rez opet sašiti. Sada zakrećemo polumjer  $OA'$  u smislu protivnom od kazaljke na satu, tako da ploha postepeno sama sebe prekriva (sl. 1b do 1e). Vidi se, da je polumjer  $OA'$  došao opet u prvotni položaj, tako da ga možemo sašiti s polumjerom  $OA$  i tako pokrpiti, što smo na početku raskinuli. Pri tom, istina, moramo prodrijeti kroz samu plohu, jer se polumjeri  $OA$  i  $OA'$  nalaze s različitih strana plohe. Ploha sada sama sebe siječe (sl. 1f; u slici je nacrtana jedna zatvorena krivulja na plohi, da se bolje shvati njezina povezanost). Kružni rub se kod ove cijele operacije rastegnuo na dvostruki opseg i svaki njegov luk se podvostručio. Pratimo li dvije prvotno dijametralne točke  $B$  i  $C$ , kojim odgovaraju kutovi  $\alpha$  i  $\alpha + 180^\circ$  prema  $OA$  (sl. 1a), vidimo, da su te točke na kraju došle u isti položaj, jer im sada odgovaraju kutovi  $2\alpha$  i  $2\alpha + 360^\circ$  (sl. 1f). Postignuto je dakle, da svake dvije dijametralne točke sada leže jedna uz drugu. Treba samo plohu sašiti uzduž njezina kružnoga ruba, i identifikacija dijametralnih točaka je izvršena. Ploha je opet zatvorena, i ako je još malo napuhnemo, kao kakav balon, ona će se prikazati prema sl. 2.

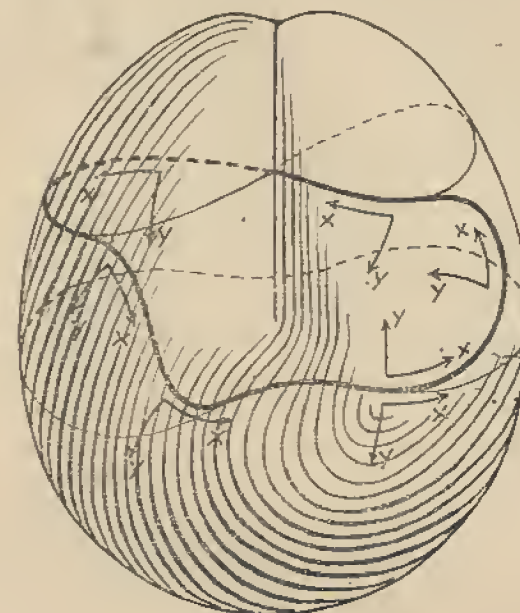
S takvom plohom još nismo zadovoljni. Ona doduše zadovoljava naš prvi zahtjev, da svaka suvisla crta na polukugli ostaje suvisla crta i na toj plohi. No ima drugih svojstava, koja nam se ne sviđaju. U prvom redu ploha sama sebe prodire, pa su time na presječnici identificirane neke točke, koje ne treba da budu identificirane. Dalje ona u točki  $O$  ima t. zv. razgranište, u kojoj se ploha »grana«. Konačno smo morali polukuglu kojekako rastezati, tako da je geometrija na njoj sasvim poremećena. U trodimenzionalnom prostoru ne možemo ukloniti sve te manjke. No





Sl. 1.

već se u četverodimenzionalnom prostoru ta ploha može prikazati bez singulariteta i samoprodiranja. Da li je moguće prikazati je u tom prostoru i bez nutarnjega izobličenja, nije još poznato. No može se to učiniti u peterodimenzionalnom euklidskom prostoru.<sup>1</sup>



Sl. 2.

Na takvoj će plohi zaista vrijediti eliptička geometrija, i mi ćemo je stoga zvati »dvodimenzionalnim eliptičkim prostorom«.

Deformirani oblik te plohe prema sl. 2. može poslužiti, da se vide neka tipična svojstva, u kojima se ta zatvorena ploha bitno razlikuje od kugline plohe. Znamo, da se u analitičkoj geometriji ravnine razlikuju »desni« i »lijevi« koordinatni sustavi. U desnom sustavu treba pozitivnu os  $X$  zakrenuti za  $90^\circ$  u smislu obrnutom od kazaljke na satu, da padne u pozitivnu os  $Y$ . U lijevom sustavu je treba zakrenuti u smislu kazaljke na satu. Naertajmo na našoj plohi jedan mali desni »sustav«, t. j. dvije

<sup>1</sup> Vidi D. Blanuša, Le plongement isométrique des espaces elliptiques dans des espaces euclidiens. Glasnik mat.-fiz. i astr. T. 2, 1947., str. 248—249.

kratke međusobno okomite geodetske crte, koje označimo strelicama i slovima  $X$  i  $Y$  (sl. 2). Pomičemo li taj sustav po plohi uzduž krivulje, koja je na slici označena, konačno će os  $X$  pasti u prvotni položaj osi  $X$ , dok će os  $Y$  imati suprotni smjer prvotne osi  $Y$ . Desni sustav se dakle pretvorio u lijevi. To na kuglinoj plohi ne možemo postići, ma kako po njoj micali ovakav sustav. Kažemo stoga, da je kugla »orijentabilna« ploha, dok je naša ploha »neorijentabilna«. Vidi se iz toga, da je ta ploha drukčije u sebi povezana nego kuglina ploha.

Prijedimo sada na trodimenzionalni sferni prostor i pokušajmo identificirati dijametralne točke. Postupat ćemo slično kao kod kugle. Razrežat ćemo prostor po jednoj glavnoj kugli i odbaciti jednu njegovu polovicu. Na toj glavnoj kugli još postoje dijametralne točke, koje treba identificirati. Morali bismo dakle sferni poluprostor tako svinuti, da se sastanu dijametralne točke na njegovu kuglastom rubu. To se može izvršiti bez nutarnjeg izobličenja u deveterodimenzionalnom euklidskom prostoru, pa se tako dobije »trodimenzionalni eliptički prostor«, u kojemu vrijedi trodimenzionalna eliptička geometrija. (Dotične formule za još općenitiji slučaj smještenja  $N$ -dimenzionalnog eliptičkog prostora u  $\frac{N(N+3)}{2}$ -dimenzionalnom euklidskom prostoru mogu se naći pod <sup>1</sup>.) Opet se dvije geodetske crte sijeku samo u jednoj točki, dok se u sfernom prostoru sijeku u dvije. Duljina takve u sebi zatvorene geodetske crte samo je polovica duljine u sfernom prostoru i iznosi dakle  $R\pi$ . Tu duljinu zovemo opsegom eliptičkoga prostora. Geodetska ploha u tom prostoru ne će više biti glavna kugla, nego dvodimenzionalan eliptički prostor. Budući da je to najravnija ploha, koju možemo položiti kroz neku točku okomito na zadan smjer, mi ćemo je zvati »eliptičkom ravninom«.

Raspravljajući o mogućnosti ploha i prostorâ, u kojima vrijedi geometrija, gdje geodetski trokuti imaju suvišak zbroja kutova iznad  $180^\circ$  proporcionalan s površinom trokuta, nastojali smo uvidjeti egzistenciju takvih ploha i prostorâ na taj način, da smo ih zamišljali smještene u euklidskom prostoru dovoljnoga broja dimenzija. No matematička mogućnost postojanja tih ploha i

prostorâ može se uvidjeti i bez toga pomagala, samo je to pojmovo teže. Budući da postojanje kugline plohe uvidamo neposredno na temelju zorne predodžbe njezina smještenja u trodimenzionalnom euklidskom prostoru, mogli smo sustavnim stvaranjem analogija učiniti pristupačnim i postojanje eliptičke ravnine te sfernoga i eliptičkoga prostora. Kako će se vidjeti u nastavku ovoga članka, u okviru opće teorije relativnosti se razmatra mogućnost, da bi naš svemirski prostor mogao biti sferni ili eliptički prostor. No ne treba zato zamišljati, da bi takav prostor morao biti smješten u nekom višem euklidskom prostoru. Možemo dakako pomisliti, da je tako, no kako su sva naša iskustva iz našega trodimenzionalnoga prostora, ne možemo nikada saznati za nešto, što bi bilo izvan njega, dakle ni to, da li postoji neki viši prostor, u koji smo smješteni. To je uostalom uvijek tako bilo, jer i onda, ako je naš prostor euklidski, kako se to od uvijek držalo, možemo zamišljati, da je smješten u nekom višem, recimo četverodimenzionalnom prostoru.

## 2. Einsteinov zatvoreni svemir

U općoj teoriji relativnosti se pokazuje, da u gravitacionim poljima ne vrijedi točno euklidska geometrija, nego da se geometrijska svojstva prostora mijenjaju od mjesta do mjesta, već prema karakteru polja gravitacije.<sup>2</sup> No u velikoj daljini od svemirskih masa, gdje su sile gravitacije vrlo slabe, može se uzeti, da se geometrija svemirskog prostora približava euklidskoj. U tom se smislu prema prvotnoj koncepciji Einsteinove opće teorije relativnosti moglo smatrati, da je geometrija svemirskog prostora, gledanoga u velikim razmjerima, uglavnom euklidska, i da se samo u blizini pojedinih svemirskih masa očituju odstupanja od zakona te geometrije. Prostor bi prema tome bio neizmjeran, kao što se to uzimalo i prije teorije relativnosti.

No već su se u klasičnoj nebeskoj mehanici pokazivale teškoće u vezi s pretpostavkom neizmjernog prostora. Pretpostavi li se,

<sup>2</sup> Vidi D. Blauša, Teorija relativnosti, Boškovićev almanah 1950., str. 200—221, napose 219—220.



da je u tom prostoru razdioba svemirskih masa uglavnom jednolika, t. j. da su svemirske mase, u velikim dijelovima toga prostora gledano, podjednako gusto raspoređene, račun pokazuje, da bi međusobno privlačenje tih masa po Newtonovu zakonu gravitacije doseglo neizmjereno velike vrijednosti sa svih strana i da bi tako djelovanje svih masa na jednu pojedinu masu postalo matematički neodređeno. Osim toga se može zaključiti, da bi sjaj neba morao biti svagdje jednak i odgovarati sjaju Sunca, jer bi čitavo nebo moralo biti pokrito zvijezdama, i one bi se čak još prekrivale u neizmjernih nizovima jedna iza druge. Već su C. Neumann (1874.) i H. v. Seeliger (1895.) ukazali na to, da bi se stoga moralo pretpostaviti, da gustoća masa u svemiru opada brže nego recipročna vrijednost kvadrata udaljenosti od nas. No ta je hipoteza teško održiva. Ne samo da se ne vidi razlog takvoj raspodjeli masa, nego je Einstein ukazao i na to, da se zvjezdani sustav može isporučiti s plinom, koji se sastoji od pojedinih molekula, i da bi taj plin zvijezda morao biti u statističkoj ravnoteži. Kada bi gustoća svemirskih masa opadala, kako smo spomenuli, moralo bi se događati, da pojedina svemirska tjelesa izlete iz toga sustava i da se više ne vraćaju. Zvjezdani bi sustav tako morao »opustjeti«. Jedna je druga mogućnost, da Newtonov zakon gravitacije ne vrijedi sasvim točno. Prema tom zakonu izlazi, da je potencijal gravitacije neke mase razmjeran s recipročnom vrijednošću udaljenosti. Moglo bi se pretpostaviti, da se ta recipročna vrijednost mora još pomnožiti eksponencijalnom funkcijom, koja za razmjerno male udaljenosti vrlo polako opada, tako da se razlike praktički ne očituju. Potencijal te vrste je istraživao već C. Neumann (1896.). No ovdje se može prigovoriti, da takav zakon nije ničim fizički opravdan, pa se mora smatrati ad hoc uvedenom hipotezom bez dubljega opravdanja. Na treću mogućnost, kojom bi se mogle ukloniti spomenute teškoće, ukazao je C. V. L. Charlier (1921.). On zamišlja konstituciju svemira ovako. Izvjestan broj zvijezda tvore jednu »galaksiju«, kao što je, recimo, naša Mliječna staza. Neki izvjestan broj takvih galaksija tvori sustav drugoga reda, izvjestan broj sustava drugoga reda sustav trećega

reda i t. d. Dobiva se tako neka hijerarhija sustava, i ako između veličine tih sustava i broja njihovih elemenata (t. j. sustava nižega reda, od kojih je sastavljen dotični sustav) postoje izvjesne relacije, može se pokazati, da su zaista uklonjene teškoće neizmjerne sile gravitacije i sjaja nebeske kugle. No ta je hipoteza Charlierova svemira s beskonačnom hijerarhijom sve viših sustava ipak dosta umjetna i ne čini se vjerojatnom.

U općoj teoriji relativnosti situacija isprva nije bila bolja. I ovdje je trebalo pretpostaviti, da gustoća masa opada dovoljno brzo s udaljenošću. Pri tom se pojavio još jedan dalji prigovor. Prema zasadama teorije relativnosti ne postoji neki »apsolutni prostor«, prema kojem bi se gibale mase u svemiru. Postoje samo relativna gibanja jedne mase spram drugih. Po zakonu tromosti tijelo se opire ubrzanju. A spram čega se tijelo ubrzava? Zar spram apsolutnog prostora? U duhu teorije relativnosti moramo reći, da se ubrzava spram sveukupnosti ostalih svemirskih masa. No ako gustoća tih masa opada s daljinom i ako je u vrlo velikim daljinama prostor sve više euklidske strukture, onda u vrlo velikim udaljenostima od masa ta euklidska struktura određuje koordinatne sustave, prema kojima se tjelesa mogu ubrzavati pod utjecajem nekih sila. Ta euklidska struktura, kojoj teže geometrijska svojstva prostora, kad se neograničeno udaljujemo od masa, preuzima tako u neku ruku ulogu »apsolutnog prostora«, tako da ova pretpostavka nije u skladu sa zahtjevom pune relativnosti gibanja, koji je osnovni princip teorije relativnosti. Taj zahtjev, da nema »apsolutnih« ubrzanja, već samo relativnih prema ostalim masama, postavio je već prije teorije relativnosti E. Mach, pa je Einstein stoga običavao govoriti o »Machovu principu«.

Sve ove teškoće učinile su poželjnim, da se nađe takvo rješenje konstitucije svemira, gdje bi prostor bio doduše neograničen, ali konačan, t. j. u sebi zatvoren, kao što su sferni i eliptički prostor. Tada bi otpala potreba, da se postave neki uvjeti, koji bi određivali geometrijsku strukturu prostora u neizmjernosti, što narušava Machov princip, i mogla bi se pretpostaviti podjednaka

razdioba masa u tom prostoru, tako da bi se zvjezdani sustav zaista ponašao poput plina u statističkoj ravnoteži.

No prvotne Einsteinove jednadžbe gravitacionog polja nisu dopuštale takvo rješenje. U klasičnoj mehanici tim jednadžbama odgovara t. zv. Laplace-Poissonova diferencijalna jednadžba, koju mora zadovoljavati potencijal Newtonove gravitacije. Ta je jednadžba drugoga reda, t. j. u njoj se pojavljuju derivacije drugoga reda toga potencijala, i to linearno. U općoj teoriji relativnosti imamo 10 veličina, koje određuju geometriju prostorno-vremenskoga kontinuuma, i te veličine preuzimaju ulogu potencijala gravitacije. Einstein je stoga tražeći jednadžbe gravitacionoga polja pošao od zahtjeva, da dotične jednadžbe treba da budu drugoga reda s obzirom na tih 10 potencijala gravitacije, i da se njihove druge derivacije moraju pojaviti linearno. No jednadžbe, koje je isprva postavio, nisu bile najopćenitije u tom smislu, već je u okviru opće teorije relativnosti postojala mogućnost, da se one nadopune još jednim članom, koji je sadržavao novu, nepoznatu konstantu. Dodavanje toga člana omogućilo je ukloniti koncepciju neizmjernoga svemira i nadomjestiti je hipotezom zatvorenoga sfernoga ili eliptičkoga svemira. Zato se taj član i zove »kozmoški član« i ona nepoznata konstanta u njemu »kozmoška konstanta«. Teorija pokazuje, da je ta konstanta  $\lambda$  povezana s polumjerom svemira jednadžbom

$$\lambda = \frac{1}{R^2}, \quad (8)$$

a s ukupnom masom svemira jednadžbom

$$\lambda = \frac{\pi^2 c^4}{4 M^2 k^2}, \quad (9)$$

gdje je  $k$  konstanta gravitacije,  $M$  masa svemira, a  $c$  brzina svjetlosti. Izrazimo li masu  $M$  pomoću srednje gustoće  $\mu$  i volumena, koji je dan jednadžbom (4), izlazi

$$\lambda = \frac{4\pi k \mu}{c^2}, \quad (10)$$

čime je  $\lambda$  izražen u zavisnosti od srednje gustoće svemira. Da se nađe iznos te kozmoške konstante i veličine sfernoga ili eliptičkoga prostora, treba dakle znati, koja je srednja gustoća masa

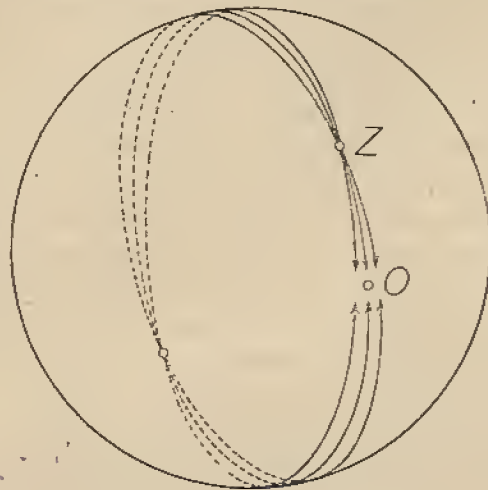
u svemiru. Za to nam dakako stoje na raspolaganje podaci samo iz onoga dijela svemira, koji je unutar dosega današnjih dalekozora, pa ne preostaje drugo, nego ekstrapolirati te podatke na cijeli svemir, t. j. pretpostaviti, da je gustoća u čitavom svemiru ista, kao u nama dosada pristupačnom njegovu dijelu. U posljednjih trideset godina ti su se podaci znatno mijenjali, jer se gradnjom velikih teleskopa golemo dosega vrlo povećao materijal opažanja. Gustoća se danas cijeni mnogo manja nego u vrijeme, kada je Einstein postavio tu svoju hipotezu, i stoga se po današnjem računu može smatrati, da bi polumjer takva sfernoga svemira morao iznositi 3,5 do 35 milijarda godina svjetlosti, što bi odgovaralo gustoći od  $10^{-28}$  do  $10^{-30}$  g/cm<sup>3</sup>, dok se u ono doba taj polumjer cijenio samo na 14 do 800 milijuna godina svjetlosti, što je odgovaralo srednjoj gustoći od  $0,5 \cdot 10^{-24}$  do  $1,5 \cdot 10^{-27}$  g/cm<sup>3</sup>. Zbog velikih teškoća u pouzdanoj procjeni srednje gustoće ti su podaci u tako širokim granicama. No ako uzmemo samo donju granicu danas vjerojatne vrijednosti, t. j. polumjer od 3,5 milijarda godina svjetlosti, tomu bi odgovarao opseg sfernoga prostora od po pr. 22 milijarde godina svjetlosti, dok je doseg danas najvećeg dalekozora na Mt. Palomaru oko jedne milijarde do najviše milijardu i po godina svjetlosti. Pretpostavimo li taj najveći doseg i računamo pomoću formule (7) volumen, koji je tom dalekozoru pristupačan, pa ga isporavimo s volumenom čitavoga sfernoga prostora prema formuli (4), račun pokazuje, da vidimo samo otprilike jednu četrdesetinu svemirskoga volumena. Dakako, da bi trebalo još uzeti u obzir, da tom dalekozoru uopće nije pristupačan velik dio južnoga neba. Ako je prostor eliptički, bio bi mu volumen samo polovica, pa se taj omjer poboljšava na jednu dvadesetinu. Napominjemo, da smo ovdje uzeli najpovoljniji slučaj, jer smo računali najmanjim vjerojatnim volumenom čitavoga svemira, a najvećim mogućim volumenom, koji bi još mogao biti opažanjima pristupačan.

Jedan prigovor, koji je stavljen protiv hipoteze zatvorenoga svemira, bio je taj, da bi se tada morala svaka zvijezda vidjeti i s dijametralne strane, jer bi njezina svjetlost, obišavši svemir,



morala do nas doprijeti i s protivne strane. Razmotrit ćemo tu mogućnost.

Da izlaganja budu pristupačnija zornoj predodžbi, uzet ćemo, da je svemir dvodimenzionalan, dakle kuglina ploha. Zrake svje-



Sl. 3.

tlosti, koje izviru iz neke zvijezde Z (sl. 3) putuju po geodetskim crtama, t. j. po glavnim krugovima. Izravnim putem tako dopire u dalekozor opažača O, vrlo slabo divergentan snop zraka svjetlosti. Zrake, koje su izaslane u protivnom smjeru, najprije divergiraju, zatim počinju konvergirati, pošto su prevalile četvrtinu opsega i sastaju se u točki, koja je dijametralna točki Z. Tamo dakle nastaje žarište. Prešavši tu točku, zrake opet divergiraju, zatim poslije dalje četvrtine opsega konvergiraju prema zvijezdi Z i na svom putu susreću opažača O. Opažač dobiva dakle u svoj dalekozor slabo konvergentan snop. Razabira se lako, da u dalekozor ovim indirektnim putem ulazi isto tolik snop zraka, kao direktnim putem. Jedne i druge zrake su praktički paralelne, tako da bi se dakle morala zvijezda s dijametralne strane vidjeti u istom sjaju. Ako je prostor eliptički, rezultat je isti, samo nema dija-

metralne točke, dakle ni žarišta, i indirektne zrake dopiru do opažača već onda, kada prvi puta konvergiraju.

Protiv ovoga zaključka mogu se staviti razne primjedbe. U prvom redu indirektne zrake prevaljuju mnogo dulji put, one su dakle ranije izaslane. Vremenska razlika iznositi će u slučaju sfernoga prostora barem nekih 20 milijarda godina, a u slučaju eliptičkoga prostora barem kojih 10 milijarda. Jasno je, da prije toliko vremena zvijezda sigurno nije bila na istom mjestu, a pitanje je, da li je uopće postojala ili je tek kasnije nastala. To pitanje ide u istraživanja o razvoju zvijezda. No da je zvijezda i postojala i bila na istom mjestu, sigurno ne bi imala isti sjaj. Dalje treba uzeti u račun, da je svjetlost na tako golemu putu mogla biti djelomično apsorbirana od drugih svemirskih tjelesa i od svemirske prašine, za koju znamo, da se ponegdje u svemiru susreće. Konačno, a to je možda najvažniji argument, treba uočiti, da naše razmatranje pretpostavlja, da je svemir točno sferan odnosno eliptički. U stvari je to sigurno idealizacija, jer svemirske mase nisu sasvim jednoliko raspoređene po svemiru, pa stoga ni geometrija nije svagdje jednaka, naročito se ona mijenja u blizini pojedinih svemirskih tjelesa. Zrake svjetlosti će stoga svakako biti na neki način raspršene i ne će opet konvergirati prema početnom mjestu, pošto su obišle cijeli svemir. Jasno je stoga, da se nikako ne može očekivati, da bi se neka zvijezda mogla vidjeti sa suprotne strane, pa taj prigovor protiv hipoteze zatvorenoga prostora otpada.

Razmotrit ćemo još pitanje, da li bi se mjerenjem kutova nekoga dovoljno velikoga trokuta dao ustanoviti sferni eksces, t. j. suvišak zbroja kutova iznad  $180^\circ$ , pa tako ustanoviti, da li u svemiru vrijedi sferna geometrija. Trebalo bi u tu svrhu dakako mjeriti kutove u svakom vrhu takvoga trokuta. Da račun bude što jednostavniji, odabrat ćemo pravokutan istokračan trokut. Pretpostavimo dakle, da smo pronašli dvije zvijezde, koje su od nas udaljene za 5 godina svjetlosti, a spojnice naše Zemlje s tim zvijezdama stoje pod pravim kutom, tako da Zemlja i te zvijezde zaista čine pravokutan istokračan trokut. Učinit ćemo sada fantastičnu pretpostavku, da na nekim planetima tih zvijezda postoje

inteligentna bića, s kojima smo se uspjeli sporazumjeti pomoću svjetlosnih signala. Dakako, postavimo li tim bićima neko pitanje, morat ćemo 10 godina čekati na odgovor, jer toliko treba, dok vijest putuje onamo i natrag. Neka su dakle ta bića izmjerila kutove uz hipotenuzu našega trokuta i saopćili nam rezultat. Kolik će biti sferni eksces, ako računamo s polumjerom svemira od 3.5 milijarda godina svjetlosti? Da to procijenimo, provest ćemo približan račun. Kateta našega trokuta je dugačka 5 godina svjetlosti, što je vrlo malo prema opsegu svemira, koji iznosi 22 milijarde godina svjetlosti. Eksces će dakle biti vrlo malen, a za izračunavanje hipotenuze trokuta možemo se poslužiti Pitagorinim poučkom, koji će za takav trokut biti vrlo približno ispravan. Hipotenuza dakle iznosi  $5\sqrt{2}$  godina svjetlosti. Ako eksces ozna-

čimo sa  $\epsilon$ , bit će svaki kut uz hipotenuzu  $c$  jednak  $\frac{\epsilon}{2} + \frac{\pi}{4}$  (Kutove ćemo mjeriti u lučnoj mjeri.) Jednadžba (5) onda daje

$$\cos \frac{c}{R} = \operatorname{ctg}^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\epsilon}{2} \right). \quad (11)$$

Kvadriramo li tu jednadžbu i izrazimo desno kotangens pomoću kosinusa dvostrukog kuta, možemo pisati

$$1 - \sin^2 \frac{c}{R} = \frac{\left[ 1 + \cos \left( \frac{\pi}{2} + \epsilon \right) \right]^2}{\left[ 1 - \cos \left( \frac{\pi}{2} + \epsilon \right) \right]^2} = \frac{(1 - \sin \epsilon)^2}{(1 + \sin \epsilon)^2}, \quad (12)$$

a odavle je

$$\sin^2 \frac{c}{R} = 1 - \frac{(1 - \sin \epsilon)^2}{(1 + \sin \epsilon)^2} = \frac{4 \sin \epsilon}{(1 + \sin \epsilon)^2} \quad (13)$$

Nazivnik desne strane vrlo je blizu jednak 1, jer je  $\sin \epsilon$  vrlo malen. U brojniku možemo mjesto  $\sin \epsilon$  pisati  $\epsilon$ , jer je za malen kut sinus vrlo blizu jednak samom kutu u lučnoj mjeri. Isto tako možemo i na lijevoj strani zamijeniti sinus sa samim kutom, jer je  $c$  malen prema  $R$ . Dobivamo tako

$$\frac{c^2}{R^2} = 4\epsilon \quad (14)$$

ili

$$\epsilon = \frac{c^2}{4R^2} \quad (15)$$

Da izračunamo eksces u sekundama, treba tu vrijednost još pomnožiti sa okruglo  $2 \cdot 10^5$  (točnije: 206264,806), tako da izlazi

$$\epsilon'' = \frac{(5 \cdot \sqrt{2})^2}{4(3.5 \cdot 10^9)^2} \cdot 2 \cdot 10^5 = 2 \cdot 10^{-13}. \quad (16)$$

Sferni eksces iznosi dakle dvije desetbilijuntine lučne sekunde. Jasno je, da se takva točnost mjerenja kutova uopće ne da zamisliti. Čak uz fantastičnu pretpostavku, da možemo saznati za kut, koji treba izmjeriti na mjestu udaljenom od nas 5 godina svjetlosti, nema dakle ni govora o tome, da bismo mogli ustanoviti sferni eksces nekoga trokuta mjerenjem njegovih kutova. Pitanje geometrije svemira u velikom mora se stoga odlučiti na temelju sasvim drugih razmatranja.

### 3. Dinamička rješenja

Einsteinov zatvoreni svemir je t. zv. statičko rješenje jednadžbi gravitacije, što znači, da konstitucija svemira u velikim razmjerima ostaje vremenski nepromijenjena, napose njegov polumjer se ne mijenja. No već je A. Friedman (1922.) ukazao na mogućnost dinamičkih rješenja, kod kojih se taj polumjer vremenski mijenja. Dinamička su rješenja potpuno spojiva s Einsteinovim jednadžbama gravitacije i postoje dosta raznolika takva rješenja. Pretpostavku promjenljiva polumjera svemira trebalo je razmotriti s više razloga. U jednu ruku su A. S. Eddington (1930.) i B. Lemaître (1931.) pokazali, da je Einsteinov svemir instabilan, t. j. njegov polumjer se mora početi mijenjati, čim nastanu izvjesne promjene u raspodjeli masa, na pr. koncentracije na pojedinim mjestima svemira. U drugu ruku su opažanja utvrdila, da vrlo daleki svemirski objekti, svemirske maglice, pokazuju t. zv. Dopplerov efekt pomaka spektralnih linija prema crvenom kraju spektra. Taj se efekt može opaziti i kod akustičkih pojava. Odmiče li, recimo, neka lokomotiva od nas, čut ćemo dublji ton zviždaljke, a približava li nam se, čujemo viši ton. U slučaju odmicanja dolaze dakle do nas zvučni valovi manje frekvencije, dakle duljega vala. Isto tako izvor svjetlosti, koji odmiče, šalje nam svjetlost, koja je manje frekvencije, dakle duljega vala, i



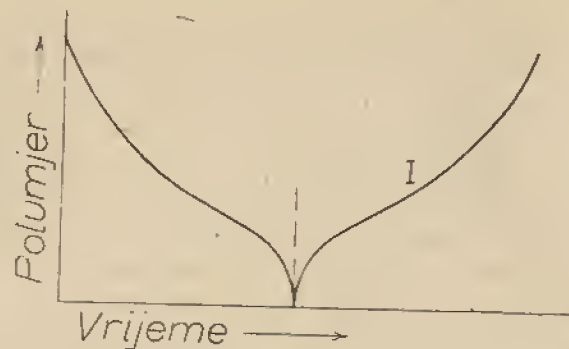
spektralne linije te svjetlosti moraju stoga biti pomaknute prema crvenom kraju spektra. Može se tako zaključiti, da se daleki svemirski objekti prosječno od nas udaljuju, i to sve većim brzinama, čim je udaljenost veća. Te su pojave naročito istraživali Hubble i Humason. Pokazalo se, da je u prvom približenju brzina odmiicanja razmjerna s udaljenošću. Točnija analiza opažanja dala je nešto kompliciranije odnose, pa su za to postavljene razne približne formule.

Zamislimo li, da se svemir rasteže, t. j. da mu se polumjer povećava, jasno je, da će se udaljenost pojedinih objekata povećavati, jer su oni razbacani po sve većem volumenu cijeloga svemira, pa se stoga mora opazati odmiicanje tih objekata od bilo koje točke u tom svemiru. B. Lemaître postavio je teoriju (1927.), da je naš svemir specijalan slučaj Friedmanovih rješenja. On je uzeo, da između kozmološke konstante  $\lambda$  i ukupne mase  $M$  svemira postoji ona relacija, koja vrijedi u Einsteinovu statičkom svemiru, a pretpostavlja pri tome, da se radi o eliptičkom prostoru. Dobiva na taj način eliptički prostor, koji je u neizmjeru dalekoj prošlosti bio Einsteinov prostor, ali se sve brže rasteže, tako da mu polumjer teži prema neizmjeru.

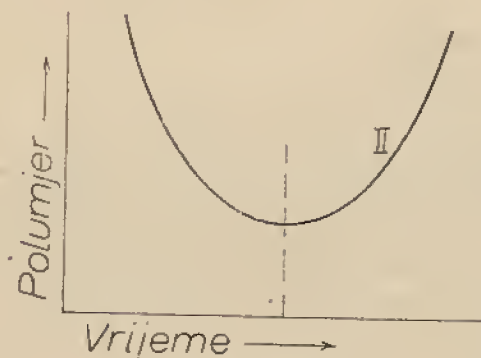
Ovdje treba spomenuti, da je pored Einsteinova svemira poznato još jedno drugo statičko rješenje jednadžbi gravitacionog polja, a to je rješenje našao de Sitter. To drugo rješenje spojivo je s jednadžbama gravitacije uz pretpostavku, da je srednja gustoća svemira jednaka nuli. Radi se dakle o graničnom slučaju vrlo male gustoće. I de Sitterov prostor je sferni prostor, ali ponešto čudnih svojstava. U prvom redu u njemu postoji centrifugalno gravitaciono polje. Time bi se dalo protumačiti odmiicanje dalekih svemirskih maglica, pa je stoga de Sitterov prostor bio ozbiljno razmatran. No osim toga u tom prostoru satovi idu sve polaganije, čim su udaljeniji od nas, a u udaljenosti od četvrt opsega, dakle na »ekvatoru«, satovi uopće stoje, tamo se dakle ništa ne zbiva. H. Weyl je pokazao, da bi se morao pretpostaviti t. zv. »horizont mase«, t. j. masa razdijeljena u zoni oko ekvatora, ako se hoće ukloniti paradokсна tvrdnja, da satovi na tom ekva-

toru stoje. Time bi ujedno bilo razumljivije, da u tom prostoru postoji centrifugalno gravitaciono polje, premda u prostoru nema masa, jer je gustoća nula. Ekvator se prikazuje kao neka neprekoračiva granica, jer nijedno tijelo ne može preko njega doprijeti, čak i svjetlost treba neizmjeru dugo, dok do njega dođe. Međutim pitanje se razjasnilo, kada je K. Lanczos pokazao (1922.), da se prikladnom transformacijom prostorno-vremenskoga koordinatnog sustava može postići, da nestane gravitaciono polje u de Sitterovu prostoru. Umjesto toga se sada pokazuje, da prostor mijenja svoj polumjer, da se dakle u stvari radi o dinamičkom rješenju. Horizont mase je time također nestao, i ekvator nije više neprekoračiva granica. Prostorno-vremenske točke s onu stranu ekvatora prikazuju se u de Sitterovu koordinatnom sustavu kao »poslije vječnosti« odnosno »prije vječnosti«, prema tome, da li svjetlost onamo odlazi ili je odanle došla. No ni u Lanczosovu koordinatnom sustavu ne može zraka svjetlosti obići cijeli prostor, kao što je to moguće u Einsteinovu prostoru. Ako je zraka svjetlosti pošla prije neizmjernog vremena, ona će u neizmjeru budućnosti dospjeti do dijametralne točke. Što je kasnije pošla, to je manji njezin doseg. Ako se mjesto sfernog prostora pretpostavi eliptički, onda će zraka svjetlosti u vremenu od  $-\infty$  do  $+\infty$  upravo obići cijeli prostor. Ova nemogućnost vraćanja u konačnom vremenu nije zavisna o koordinatnom sustavu, kako se može pokazati.

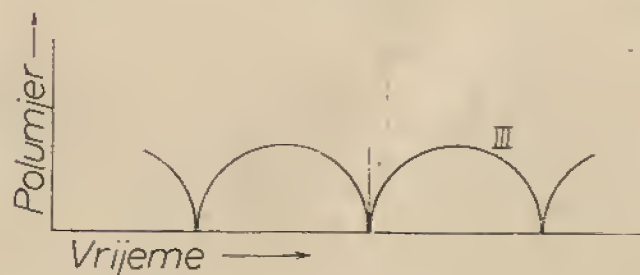
Osim Lemaîtreova dinamičkoga rješenja razmatrane su još druge mogućnosti. Ako se pretpostavi, da je masa svemira veća od one, koja odgovara relaciji (10) za Einsteinov svemir, polumjer svemira raste u neizmjernost od nekoga trenutka, u kojemu je bio jednak nuli. Računamo li, što je bilo prije toga, izlazi, da se polumjer smanjivao od neizmjernosti do nule. (V. sl. 4, u kojoj je na apscisi naneseno vrijeme, a kao ordinata polumjer svemira.) Da je polumjer u nekom trenutku nula, ne može dakako odgovarati stvarnosti. No treba uočiti, da kod malenih vrijednosti polumjera mase dolaze tako blizu, da se više ne može govoriti o jednoliko razdijeljenoj materiji, kako to sva ta rješenja pret-



Sl. 4.



Sl. 5.



Sl. 6.

postavljaju. Može se dakle uzeti, da je u to doba polumjer bio razmjerno vrlo malen, ali da nije bio nula. Druga je mogućnost, da je masa svemira manja, nego što odgovara relacijama, koje vrijede za Einsteinov statički svemir. Onda se polumjer smanjuje od neizmjernosti do neke konačne minimalne vrijednosti i zatim opet raste u neizmjernost (sl. 5). Ovako se ponaša i polumjer de Sitterova svemira u Lanczosovoj koncepciji, jer je taj svemir u stvari granični slučaj, kada je masa jednaka nuli. No ima još jedna treća mogućnost, naime da polumjer oscilira između nule i neke konačne vrijednosti (sl. 6). Ni ovdje dakako ne možemo pretpostaviti, da u realnosti polumjer postaje zaista jednak nuli.

Kod svih tih mogućnosti smo dosada pretpostavljali, da je kozmološka konstanta pozitivna, kao što je to ona kod Einsteinova svemira, i da je geometrija sferna odnosno eliptička. No dinamička rješenja pružaju još bogatije mogućnosti. Prije svega, pokazuje se, da kozmološka konstanta  $\lambda$  ne mora biti pozitivna, već može biti i nula ili negativna. Dalje može geometrija biti ne samo eliptička (odnosno sferna) nego i euklidska ili hiperbolna, t. j. eksces kutova u trokutu može biti i nula ili negativan. U tim različitim slučajevima moguća su po neka rješenja poput gore spomenutih, koja ćemo označiti rimskim brojevima I, II, III, kako je i u slikama učinjeno. Kakva su rješenja u pojedinom slučaju moguća, pokazuje ovaj pregled.

|               | eliptička<br>geometrija | euklidska<br>geometrija | hiperbolna<br>geometrija |
|---------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| $\lambda > 0$ | I<br>II<br>III          | I                       | II                       |
| $\lambda = 0$ | III                     | I                       | I                        |
| $\lambda < 0$ | III                     | III                     | III                      |

U slučaju euklidske geometrije je prostor neizmjeran, tako da se ne može govoriti o polumjeru. No slika onda pokazuje, kako se mijenja udaljenost dvaju tijela, koja su u tom prostoru na miru. Da je moguće pretpostaviti  $\lambda = 0$ , t. j. da jednadžbe gravi-



tačionog polja nije potrebno nadopuniti »kozмолоškim članom«, naročito su istakli Einstein (1931.) i de Sitter (1932.).

Usprkos toga bogatog izbora raznih mogućnosti konstitucije svemira, koje daju ponešto različite rezultate u pogledu relacije između udaljenosti svemirskih maglica i Dopplerova efekta, ipak nije sigurno, da se opažanja daju potpuno uskladiti s jednim od tih rješenja. Zato je u najnovije doba G. C. Omer (1949.) uzeo u razmatranje mogućnost, da razdioba masa u svemiru nije jednolika i razvio je model inhomogenoga svemira.

Sve u svemu se može reći, da pitanje oblika svemira još nikako nije konačno riješeno. Opažanja, koja će se moći vršiti pomoću novoga dalekozora na Mt. Palomaru dat će zacijelo dragocjenih podataka, koji će pridonijeti, da se razbistre problemi u vezi s tim pitanjem.

#### 4. Milneova teorija

Sa sasvim drugog gledišta pristupio je rješavanju kozmoloških problema E. A. Milne. Dok se u izloženim kozmološkim teorijama polazi od prirodnih zakona, kako smo ih uspjeli otkriti u našoj okolini, pa se ti zakoni ekstrapoliraju na cijeli svemir i na taj način istražuju mogućnost njegove konstitucije u velikom, u Milneovoj teoriji se polazi od nekih općih principa, koji treba da vrijede za svemir, pa se iz njih nastoje deducirati ne samo svojstva svemira u velikom, već i sami prirodni zakoni, t. j. zakoni gravitacije i elektromagnetizma. Na taj bi se način prirodni zakoni trebali dobiti »a priori«, t. j. na temelju nekih općih postulata. Milneova teorija se dakle ne ograničava samo na pitanja kozmologije, nego bi trebala obuhvatiti svu fiziku. Teorija datira od god. 1932. i odonda se stalno dalje izgrađuje.

Temeljni postulat Milneove teorije je t. zv. kozmološki princip. Milne razmatra izvjesnu razdiobu opažaća u svemiru, koje zove »osnovnim opažaćima«. Ta razdioba opažaća se zove »supstrat«. Kozmološki princip onda izriče, da svaki od tih opažaća u svom koordinatnom sustavu ustanovljuje, da se ostali opažaći radijalno od njega odmiču konstantnim brzinama. Njihovi koordinatni sustavi su povezani Lorentzovim transformacijama spe-

cijalne teorije relativnosti. Dalje pretpostavlja, da je Hubbleov zakon proporcionalnosti udaljenosti i brzine odmicanja točno ispravan za sve opažaće, kad ih se motri sa stajališta bilo kojega od njih, a proteže se do granice svemira, na kojoj se nalaze opažaći s brzinom svjetlosti  $c$ . Pored tih pretpostavki uvodi još neke druge, od kojih je najbitnija zahtjev, da ne postoje univerzalne konstante, koje bi imale fizičku dimenziju različitu od nule s obzirom na duljinu i vrijeme. Ne možemo ovdje izložiti, na koji način Milne na temelju tih postulata i još nekih drugih pretpostavki dolazi do zakona gibanja pojedinih čestica i time do zakona gravitacije i čak elektromagnetizma. On svakako odbacuje opću teoriju relativnosti, koja, kako je poznato, uključuje teoriju gravitacije, i dolazi na sasvim drugi način do fenomena međusobnog privlačenja masa.

Pitanje, do koje granice se njegovi rezultati razlikuju od koncepcija, koje dobivamo na temelju opće teorije relativnosti, obradili su Robertson (1935.) i Walkér (1937.). Oni su našli, da su usprkos vrlo različitih stajališta i načina zaključivanja te dvije teorije ipak dosta srodne, i da se koncepcija Milneova svemira može do neke granice interpretirati i kao relativistički model. Glavno razilaženje nastaje zbog Milneova zahtjeva o dimenziji univerzalnih konstanti, mjesto kojega se u općoj teoriji relativnosti zahtijeva, da se čestice gibaju po geodetskim crtama prostorno-vremenskoga kontinuuma. Ta se dva zahtjeva općenito ne slažu, kako su spomenuti autori uspjeli pokazati.

Budući da kozmološki princip bitno uključuje pretpostavku homogene raspodjele masa u velikom, a teorija sebi postavlja zadatak, da deducira opće zakone fizike, to bi odstupanje iz nje dobivenih zakona od onih, koje stvarno opažamo, značilo, da se pretpostavka homogenosti mora napustiti, a time bi pala i cijela njegova teorija. U drugu ruku, ako se drugim putem ustanovi, da ta razdioba nije homogena, opet bi ta teorija bila pobijena. Relativističke teorije su u tom pogledu elastičnije, jer dopuštaju i koncepciju inhomogenog svemira. Kako smo spomenuli, takve se mogućnosti u novije doba i razmatraju.

Protiv Milneove teorije iznesene su od raznih stručnjaka kritičke primjedbe, dijelom načelne prirode, koje ovdje ne možemo raspraviti. Možda je dobro spomenuti, da se nikako ne vidi, kako bi se iz njegovih principa moglo doći do zakona kvantne fizike. Istina, ni opća teorija relativnosti još nije potpuno usklađena s kvantnom fizikom, i tek će budućnost pokazati, koja je od tih teorija bolje približenje makroskopskih odnosa, gdje se kvantne pojave primjetno ne očituju.

Svakako se može reći, da Milneova teorija predstavlja zanimljiv pokušaj, koji je dao neke frapantne rezultate. Ipak mnogi učenjaci vrlo skeptično gledaju na tu teoriju, pa treba sačekati dalji razvoj, da se pokaže, koja je njezina korist za naše saznanje o prirodi.

### 5. Kozmogonija

U uskoj vezi s pitanjima kozmologije, koja smo raspravili, istražuju se problemi kozmogonije, t. j. razvoj svemira i pojedinih njegovih dijelova, skupova galaksija, skupova zvijezda i samih zvijezda, kojih ima raznih vrsta.<sup>3</sup> Mi ćemo se ovdje ograničiti na nekoliko napomena o razvoju svemira u velikom, dok ćemo pustiti po strani opsežno područje astrofizike, u kojemu se raspravlja o životnom putu pojedinih zvijezda i njihovih skupova.

Dvije su različite temeljne pretpostavke, pomoću kojih se pokušava dobiti slika o razvoju svemira. Jedna se sastoji u tome, da se svi prirodni zakoni i sve univerzalne konstante kao Planckova konstanta, konstanta gravitacije i brzina svjetlosti smatraju nepromjenljivim. Razmatra se onda razvoj svemira unutar jedne izvjesne epohe, koja se naziva »sadašnja epoha« ili »starost svemira«. Što je bilo prije te epohe, ne ulazi u razmatranje, jer se tako daleko ne proteže moć naših zaključivanja. Po drugoj, bitno različitoj metodi se navode razlozi za pretpostavku, da se univerzalne konstante s vremenom polagano mijenjaju, pa se na temelju toga izvode dalji zaključci.

<sup>3</sup> Za probleme kozmologije vidi O. Heckmann, *Theorien des Kosmos*, Springer, Berlin 1942. Opširan pregled preko današnjeg stanja kozmogonijskih istraživanja i opsežnu literaturu daje D. ter Haar, *Cosmogonical Problems and Stellar Energy*, *Reviews of Modern Physics*, vol 22 (1950), No. 2, str. 120—152.

Još nije tome jako dugo, da su se u pogledu starosti svemira razmatrale dvije mogućnosti: t. zv. dugačka vremenska skala i kratka vremenska skala. Po pretpostavci dugačke vremenske skale smatralo se, da je svemir, kako ga danas vidimo, izgledao otprilike isto tako kroz prošlih 5 do 10 bilijuna ( $10^{12}$ ) godina. Naprotiv, po kratkoj vremenskoj skali se misli, da se u neko doba, od kojega je prošlo  $10^9$  do  $10^{10}$ , dakle nekoliko milijarda godina, dogodila neka fundamentalna svemirska katastrofa ili eksplozija, koja znači začetak sadašnje epohe. Što je prije toga bilo, zasad je izvan mogućnosti naših razmatranja.

Dugačka vremenska skala bila je prihvaćena nekako do god. 1930., kada je ideja svemira, koji se rasteže, prisilila astronome, da to pitanje ponovo i što točnije razmotre. Argumenti za kratku vremensku skalu izviru iz različitih istraživanja. U jednu ruku se na temelju raspravljenih modela svemira može izračunati, da je prije nekoliko milijarda godina polumjer svemira morao biti vrlo malen (ili, teoretski, nula), pa su se kod te velike koncentracije masa mogli odvijati neobični događaji, koje zovemo temeljnom katastrofom. Samo rastezanje svemira nam je pak nametnuto opažanjem odmicanja dalekih svemirskih galaksija. Dalje se istražuje dinamika skupova galaksija i skupova zvijezda, pa se iz sadašnjeg stanja tih skupova može zaključiti, koliko je vremena moralo proći, da takvo stanje nastane. Razmatraju se i binarni sustavi zvijezda; t. j. sustavi dviju zvijezda, koje kruže jedna oko druge (dvojne zvijezde). Zbog susretanja s drugim zvijezdama takvi bi se sustavi ponekad morali razvrgnuti. Račun pokazuje, da broj takvih sustava ne odgovara stanju statističke ravnoteže, nego da je razbijanje takvih sustava tako reći tek počelo. Dakako, da to ukazuje na kratku vremensku skalu, jer samo u izvanrednim uvjetima temeljne katastrofe ili razmjerno kratko vrijeme iza nje takvi su sustavi mogli u tom broju nastati. Račun opet daje period od nekoliko milijarda godina. Po ranijim istraživanjima smatrala se jednolika razdioba kinetičke energije među zvijezdama u blizini Sunca kao jedan od najjačih argumenata za dugačku vremensku skalu. Međutim noviji, vrlo pomno



provedeni računi su pokazali, da taj zaključak nije bio opravdan. Tako je Gondolatsch (1948.) našao, da u našoj Mliječnoj stazi vrijedi prosječna relacija

$$M(v^2)^{0.93} = \text{const.}, \quad (17)$$

dok bi kod statističke ravnoteže trebale kinetičke energije zvijezda biti podjednake, t. j. trebalo bi vrijediti

$$\frac{Mv^2}{2} = \text{const.}, \text{ dakle i } Mv^2 = \text{const.} \quad (18)$$

Vidi se iz jednadžbe (17), da zvijezde s velikom masom imaju relativno prevelike brzine, a zvijezde s malom masom premale brzine. Računajući vrijeme, u kojemu je moglo doći do sadašnjega stanja, Gondolatsch dobiva period reda veličine od milijardu godina, dakle opet kratku vremensku skalu. Dalji argumenti izlaze iz razmatranja jezgrinih reakcija, koje se po današnjem našem znanju događaju u zvijezdama, na pr. u našem Suncu, jer se može procijeniti, kako dugo takva reakcija daje potrebnu energiju zračenja. I ovdje se dolazi do sličnih rezultata u pogledu starosti takve zvijezde. Konačno se može iz poznate brzine raspadanja radioaktivnih elemenata i njihove procentualne količine u odnosu prema drugim elementima izračunati starost Zemlje odnosno Sunčevog sustava. Pretpostavi li se na pr., da su u vrijeme, kada se Zemlja formirala, postojale podjednake količine uranovih izotopa sa 235 odnosno 238 elementarnih čestica u jezgri (dok se danas izotop sa 235 čestica, koji se može iskoristiti za dobivanje atomske energije, nalazi u vrlo maloj količini u smjesi tih izotopa), dobiva se na temelju poznatog poluvremena raspadanja opet vremenski period od nekoliko milijarda godina. Isti rezultat je dobiven i iz istraživanja sastava meteora.

Može se reći, da je danas odluka pala u korist kratke vremenske skale, koja znači, da je starost svemira nekoliko milijarda godina.

Od teorija opće kozmogonije, koje pretpostavljaju, da se osnovne konstante u prirodnim zakonima ne mijenjaju, spomenut ćemo samo modernu Weizsäckerovu teoriju (1947.), koja je dobro

povezana s njegovim ranijim razmatranjima o postanku Sunčeva sustava (1944., 1946.), a u vezi je i s problemom postanka današnjih kemijskih elemenata.

Weizsäcker pretpostavlja, da su se zvijezde i galaksije formirale za vrijeme sadašnje epohe, i polazi od početnog stanja, gdje je svemir bio ispunjen turbulentnim plinom, u kojemu razni dijelovi imaju velike relativne brzine. Za te brzine smatra, da su nastale prije početka sadašnje epohe. Promatrajući neki element turbulencije, koji je ujedno područje nešto veće gustoće, može se očekivati, da će zbog privlačenja drugih čestica njegova masa postepeno rasti, i svemirski plin će se raspasti u mnogo takvih sustava, koji rotiraju i mogu se smatrati začetkom pojedinih galaksija. Unutar takvog sustava iznova će se formirati pojedini manji sustavi, koji mogu biti začetak zvijezda, i dalje još manji, koju daju planete i konačno satelite. Weizsäcker promatra kvantitativno takav proces postepene koncentracije masa i uspijeva procijeniti vrijeme potrebno za formiranje pojedinih sustava, već prema tome, kolika je njegova masa. Ti se rezultati dobro slažu s opažanjima o stanju rotacije tih sustava, koje se također može predvidjeti na temelju takvog procesa nastajanja. U opširniju diskusiju o tome ovdje ne možemo ulaziti. Postanak samog Sunčevog sustava također bi se tumačio na sličan način, pa se vidi, da je time poznata Kantova teorija, koja je već bila uglavnom napuštena, opet oživjela u modernijem i točnijem obliku. Na temelju Weizsäckerovih računa može se shvatiti, zašto su unutarnji planeti maleni i veće gustoće, a vanjski veliki i manje gustoće. No jedan pojav u Sunčevu sustavu ostao je nepotpuno objašnjen, a to je razmjerno polagana rotacija samoga Sunca, koja bi po takvoj teoriji nastajanja morala biti mnogo brža. Može se, istina, pretpostaviti, da su čestice, koje su padale u Sunce dolazeći iz vanjskoga dijela početnog plina, usporavale njegovu rotaciju, a osim toga su vanjski dijelovi, koji rotiraju polaganije od sredine plinovite mase, mogli svojom viskoznošću zaustavljati unutarnji dio. No račun pokazuje, da su svi ti utjecaji mnogo premaleni, a da bi mogli rastumačiti stvarno stanje.

Ne ćemo ovdje raspraviti druge teorije o nastajanju Sunčeva sustava, nego ćemo se radije pozabaviti argumentima, na kojima baziraju opće kozmogonije s pretpostavkama promjenljivih osnovnih konstanti u prirodnim zakonima.

Na mogućnost vremenski promjenljive konstante gravitacije ukazao je već P. A. M. Dirac (1937., 1938.). Njegova je argumentacija ova. Iz atomskih konstanti može se sagraditi elementarna jedinica duljine (t. j. konstanta s fizičkom dimenzijom duljine)

$$\lambda_0 = \frac{e^2}{mc^2}, \quad (19)$$

gdje su  $e$  i  $m$  naboj i masa elektrona, i elementarna jedinica vremena

$$\tau_0 = \frac{e^2}{mc^3}. \quad (20)$$

Uzmemo li starost svemira  $\tau$  sa, recimo,  $3 \cdot 10^9$  godina, ta će starost izražena u elementarnim jedinicama vremena iznositi

$$N_1 = \frac{\tau}{\tau_0} = 10^{39}. \quad (21)$$

U drugu ruku se može jedna konstanta bez dimenzije načiniti kao omjer Coulombove električke sile i sile gravitacije između elektrona i protona. Izlazi

$$N_2 = \frac{e^2}{r^2} : \frac{c^2}{kmM_p} = 2 \cdot 10^{39}, \quad (22)$$

gdje je  $M_p$  masa protona. Dirac sada postavlja ovaj princip: »Bilo koje dvije vrlo velike konstante bez dimenzije, koje se javljaju u prirodi, povezane su jednostavnom matematičkom relacijom, u kojoj su koeficijenti reda veličine jedinice.« No to bi značilo, da omjer brojeva  $N_1$  i  $N_2$  ostaje vremenski konstantan, a iz toga izlazi, da se konstanta gravitacije  $k$  mijenja proporcionalno s  $\frac{1}{\tau}$ . Dirac nije ovu ideju razradio do neke kozmogonijske teorije, ali je to učinio P. Jordan (1944. do 1949.). Na temelju razmatranja, koja ovdje ne možemo potanje izložiti, on dolazi do koncepcije zatvorenog svemira, kojemu se polumjer povećava proporcionalno s vremenom. Postajanje zvijezda tumači »spontanin nastajanjem« pojedinih masa, pri čemu se za to potrebna

energija crpi iz energije polja gravitacije. Za to spontano nastajanje dobiva izvjesne relacije između mase i starosti pojedinih zvijezda, a te se relacije slažu s drugim astrofizičkim rezultatima. Ipak ta teorija ima i svoje slabe strane, kao što uopće nijedna dosadašnja kozmogonijska teorija ne zadovoljava u svakom pogledu.

Na kraju ćemo još reći nekoliko riječi o pitanju postanka kemijskih elemenata.

G. Gamow (1946.) i neki drugi (Alpher, Herman, Smart, 1948. do 1950.) razvili su teoriju o postanku kemijskih elemenata, prema kojoj su kemijski elementi nastali u prvim sekundama sadašnje epohe, kad je postojala neka vrsta jezgrine tekućine, koja je naglo ekspandirala zbog rastezanja svemira. Neutronske plin, koji je tako najprije nastao, počeo je stvarati protone raspadanjem neutrona u protone i elektrone, a zatim su raznim jezgrinim procesima nastajali kemijski elementi. Ne upuštajući se ovdje u opširno razradene pojedinosti te teorije, koja daje dobro slaganje s današnjom procentualnom razdiobom pojedinih elemenata, spomenut ćemo samo jednu glavnu teškoću te teorije. Gamow naime pretpostavlja otvoren svemir, koji se rasteže. No na temelju gustoće materije, koja je potrebna, da se iz nastalog plina kondenzacijom stvaraju galaksije i zvijezde, mora se zaključiti, da bi svemir morao biti zatvoren. Račun onda pokazuje, da bi ukupna masa takvoga svemira s dovoljnom gustoćom bila mnogo manja, nego što se to može procijeniti prema drugim podacima.

Jedna druga teorija o nastajanju elemenata pretpostavlja, da su se kemijski elementi formirali u nutrašnjosti zvijezda kao stanje statističke ravnoteže jezgrinih procesa pod dotičnim uvjetima temperature i t. d. Takvu su teoriju razmatrali Sterne (1933.), Weizsäcker (1937., 1938.), zatim Klein, Beskow i Treffenberg (1946.) i drugi. I ova je teorija opširno obrađena. Elementi, koji su stvoreni kao rezultat statističke ravnoteže unutar zvijezda, mogu se održati samo onda, ako se dotična temperatura brzo snizi, tako da nema vremena za nastajanje druge statističke ravnoteže i time drukčije razdiobe elemenata. To »smrzavanje« statističke



ravnoteže smatra se, da može nastati kod zvijezda zvanih novae i supernovae, kod kojih zbog izvjesnih nestabilnosti dolazi, do velike eksplozije, pa se jedan znatni dio zvijezdine mase izbaci u svemir. Elementi stvoreni na taj način razidu se po svemiru, a po računima spomenutih autora nije isključeno, da količina tako nastalih kemijskih elemenata zaista odgovara stvarnom stanju. Početno stanje se pri tome zamišlja tako, da je svemir bio ispunjen vodikom, pa je ondâ u smislu Weizsäckerove kozmogonije došlo postepeno do formacije galaksija i zvijezda, a u njima su nastajali današnji kemijski elementi. I ova se teorija bori s raznim teškoćama, u koje ovdje dalje ne ulazimo.

#### 6. Zaključak i pogled u budućnost

Obuhvatimo li sve, što je izneseno u ovom letimičnom pregledu, vidimo, da je razvoj kozmoloških i kozmogonijskih istraživanja u prošlim decenijama bio neobično živ. Vidimo i to, da taj razvoj ni izdaleka nije završen, jer se danas razmatraju različite teorije, a da se još ne da reći, koja je od njih zaista blizu istini. Materijal takvih razmatranja crpen je iz vrlo različitih područja. Golemo povećanje astronomskih opažanja, omogućenih modernim dalekozorima velikog dosega, kombinira se sa saznanjem prirodnih zakona u najsitnijim djelićima materije, a okvir tih razmatranja daje razrada ideja opće teorije relativnosti. Pitamo li za smjernice budućeg razvoja, jasno je, da će u prvom redu dalje povećanje astronomskih podataka omogućiti odluku između mnogih mogućnosti, koje se danas razmatraju, a produbljivanje saznanja o jezgrinim procesima će razbistriti razna astrofizička pitanja i time posredno i pitanje opće kozmogonije. No ova kombinacija rezultata mikrofizike i astronomije može donijeti ploda još na sasvim drugi način. Doseg današnjih dalekozora ne će se moći neograničeno povećavati. Za to govore dva razloga. Jedno je sila teža, koja uzrokuje elastične deformacije velikih zrcala i leća u dalekozorima, a i deformacije njihove nosive konstrukcije. Time se ograničava ona krajnja točnost, koja je potrebna kod tih konstrukcija. Drugo je utjecaj Zemljine atmosfere, koja svojim

strujanjima i inhomogenostima kvari točnost najfinijih opažanja. Trebalo bi dakle graditi dalekozor negdje, gdje nema atmosfere i gdje nema sile teže. U drugu ruku se može očekivati, da će se primjenom atomske energije uspjeti riješiti problem interplanetarnog putovanja. Ako uspije raketnim pogonom svladati gravitaciono polje Zemlje i dospjeti u interplanetarni prostor, moglo bi se pomisliti i na to, da se sagradi opservatorij, koji slobodno gravitira oko Zemlje u prikladnoj udaljenosti, svakako daleko izvan atmosfere. Tamo bi se mogao izvesti dalekozor golemih razmjera, a da mu ne smeta ni sila teža, koja bi na takvom umjetnom satelitu bila praktički nula, niti Zemljina atmosfera, koje tamo nema. Na taj bi način bilo moguće povećanje dosega naših astronomskih opažanja, kakvo na Zemlji ne možemo nikada očekivati. Razumije se, da će za ostvarenje takve ideje trebati riješiti velik broj teških problema, ne samo tehničkih, nego primjerice i medicinskih, jer treba ljudima omogućiti boravak u takvom opservatoriju. Treba im umjetno stvoriti uvjete za život, zaštititi ih od prejakih zračenja, ispitati, da li mogu trajno podnositi odsutnost sile teže i t. d. Ako bi se primjerice pokazalo, da organizam ne podnosi trajno odsutnost polja gravitacije, morale bi se načiniti centrifuge, u kojima bi se umjetno stvorilo takvo polje, koje odgovara uvjetima na Zemlji. Nema svrhe ulaziti u pojedinosti takve zamisli, jer je to stvar daleke budućnosti, i dotični problemi će se postepeno rješavati. No smatramo sigurnim, da je ta na prvi pogled fantastična ideja, koju su već odavna izrekli razni autori, potpuno u okviru onoga, što nam obećava dosadašnji razvitak znanosti i tehnike.

*Drago Grdenić:*

## RENTGENSKA STRUKTURNA ANALIZA KAO NAJMOĆNIJI MIKROSKOP

### *Uvod*

Mikroskop je otkrio ljudskom oku neslućeni svijet sićušnog, svijet takve raznolikosti kakvu nije opisivala nijedna fantastična priča. Istraživači su bili kao očarani pred tim svijetom »mikroskopski malog« kao pred novim još neistraženim kontinentom. Možda nijedan izum nije bio tako uzbudljiv, možda nijedan nije izazivao toliku znatiželju, tolik interes za promatranjem, kao mikroskop.

No, nema tog mikroskopa koji bi mogao zadovoljiti ljudsko oko i ugasiti ljudsku znatiželju. Što su bili sitniji predmeti, koji su se mikroskopom mogli promatrati, što su se više širile granice mikroskopskog svijeta, to je bila veća želja za gledanjem još manjeg i neznatnijeg. Želja za promatranjem još neviđenog, »ultra-mikroskopskog« svijeta bila je tim veća što je više napredovala nauka o tom svijetu i otkrivala njegove tajne drugim metodama. Taj svijet što je nedokučiv običnim mikroskopom je svijet atoma i molekula.

U ovom ćemo članku pokazati kako je nauka doskočila ne-moći običnih mikroskopa pred atomskim i molekularnim dimenzijama, kako je izradila matematičke metode koje služe kao »matematičke leće« kojima možemo zagledati duboko u finu strukturu materije. No, prije nego predemo na te metode moramo se upoznati principima na kojima se osniva obična mikroskopija.

Moderni mikroskopi savršeniji su i bolji od negdašnjih. Konstruktori mikroskopa išli su za tim da postignu što veća povećanja. Promatrati što manje objekte, to je bila želja istraživača i potreba nauke. Pokazalo se međutim da samo povećanje nije presudno za kakvoću mikroskopa. Prvenstveno značenje ima takozvana moć razlučivanja. Veliko povećanje nije od naročite koristi ako mikroskop istovremeno ne pruža mogućnost da jasno razabiremo detalje na objektu što ga promatramo. Potrebno je stoga znati kako blizu smiju još biti dva detalja (dvije »točke«) na predmetu da ih pod mikroskopom možemo vidjeti odvojeno. Dva mikroskopa iste moći povećavanja mogu se u tom pogledu silno razlikovati. Razumije se, da je u tom slučaju onaj mikroskop bolji koji dopušta bolje razaznavanje sitnih detalja na predmetu ili, drugim riječima, koji nam pruža vjerniju sliku predmeta.

I moć povećavanja i moć razlučivanja mikroskopa ovise o mnogim čimbenicima. Konstrukcija mikroskopa, kakvoća leće i način promatranja bez sumnje su od velike važnosti. No, to nije sve. Već se davno znaju granice mikroskopa koje ne mogu biti prekoračene i uz najbolje leće i kod prvorazrednih modernih mikroskopa. Te granice ne postavlja optički sistem mikroskopa već sam princip na kom se mikroskop osniva. Te nam granice omeđuje valna priroda svjetlosti.

U elementarnoj nastavi fizike pokazuje se pomoću pravila takozvane geometrijske optike kako djeluje mikroskop. U geometrijskoj optici svjetlost se zamjenjuje zrakama — pravcima bez debljine koje od predmeta dolaze u leću, lome se po zakonu loma svjetlosti i daju uvećanu sliku predmeta. Ta leća (ili sistem leća) koja se približi predmetu zove se objektiv. Slika koju daje objektiv povećava se drugom lećom (sistemom leća) ili okularom. I objektiv i okular imaju istu os (optička os). Isto se dalje pokazuje da veličina slike koju gledamo kroz okular ovisi o optičkim konstantama leća, dakle u prvom redu o žarišnim daljinama tih leća. Iz te elementarne geometrijske konstrukcije lako bi mogli zaključiti da podesnim odabiranjem leća, kombinacijom objektiv i okulara, možemo dobiti svako po želji veliko povećanje. To



međutim ne stoji. Tako usmjerena nastojanja za velikim povećanjima ne bi dovela do rezultata. Zašto je tome tako?

Prije svega, do takvog zaključka o postizavanju moći mikroskopa dovela nas je jednostavna predodžba geometrijske optike. Ta je predodžba gruba i zbog toga je dobra samo tako dugo dok se ne upuštamo u detalje. Čim zađemo u područje mikroskopski malog prisiljeni smo napustiti geometrijsku optiku i zamijeniti je fizičkom. To jest, moramo se poslužiti zakonima takve optike koja više ne računa sa svjetlosti kao pramenom geometrijskih pravaca nego sa svjetlosti kao pojavom valne prirode. Od izvora svjetlosti ne rasprostiru se geometrijski pravci, već valovi svjetlosti koji imaju određenu valnu dužinu i brzinu.

Kod dovoljno velikih predmeta možemo upotrebiti geometrijsku optiku, jer je valna dužina svjetlosti tako mala da se može zanemariti. Kad običnom lupom promatramo slova u knjizi onda nam geometrijska optika vrlo dobro objašnjava postanak slike. Međutim, kad pređemo na područje mikroskopski malog, onda valna dužina svjetlosti nije mnogo manja od predmeta odnosno detalja koje želimo promatrati. U tom slučaju ne uzimamo više da od dvije blize točke na objektu odlaze geometrijske zrake i ulaze u objektiv mikroskopa nego da se od te dvije točke rasprostiru valovi svjetlosti. U tome je velika razlika. Te dvije točke na predmetu što ga želimo promatrati, dva njegova detalja, mogu biti vrlo blizu, tako blizu da im je razmak ili nešto veći ili manji od valne dužine svjetlosti. Fizička optika koja, s jedne strane, pokazuje da sliku predmeta koju daje leća, mikroskop ili bilo koji optički sistem, zahvaljujemo upravo valnoj prirodi svjetlosti, pokazuje s druge strane, da upravo valna priroda svjetlosti ograničuje vidljivost vrlo sitnih predmeta i detalja. Na ovom mjestu ne ćemo ulaziti u izvod tih zaključaka, a kasnije, tokom izlaganja, bit će oni jašniji. Uz valnu dužinu treba uzeti u obzir i otvor ili aperturu objektiva. Dobije se kao rezultat, da je moć razlučivanja i najboljeg mikroskopa uz sve povoljne uvjete konstrukcije i osvijetljenja u najpovoljnijem slučaju nešto manja od polovine valne dužine upotrebljene svjetlosti.

Naše je oko osjetljivo samo na onu svjetlost koje se valna dužina kreće u intervalu od 4 do 7 desettisućinki milimetra. Uzmemo li žutu svjetlost sa valnom dužinom od 6 desettisućinki milimetra (ili 6000 Å) kao srednju vrijednost onda uz najbolje uvjete mikroskopiranja moći ćemo razaznati detalje na predmetu koji su razmaknuti oko 2,5 desettisućinka milimetra (2500 Å). Na slici u mikroskopu moraju ti detalji biti razmaknuti toliko da ih okom možemo vidjeti odvojene. Ako i to još uzmemo u obzir, onda povećanja veća od 2000 puta nisu više od naročite koristi. Ona daju doduše veliku ali »praznu« sliku.

Izvršno područje istraživanja koje se bavi fino raspršenim, takozvanim koloidnim česticama, ne zahtijeva detalje već samo veličnu čestice. Tu se ide za tim da se postigne vidljivost što manjih čestica. Potrebno je samo te čestice zamijetiti i to je već dovoljno. U tu svrhu konstruiran je mikroskop poznat pod imenom ultramikroskopa. U tom mikroskopu objekt koji predstavlja koloidnu otopinu ili plin u kome lebde sitne čestice osvijetli se sa strane jakim snopom svjetlosti. Svjetlost se rasprši na česticama i u tamnom vidnom polju mikroskopa vide se čestice kao svijetle točkice, kao sitne zvjezdice. Na taj način inogu se zamijetiti i čestice kojih je veličina oko 5 milijuntinki milimetra (50 Å). To su na primjer sitni kristalići raspršenih metala i slično. Međutim, oblik tih čestica, a pogotovo njihova struktura, na taj se način ne mogu odrediti.

Usavršavanje mikroskopa u smislu povećanja njegove sposobnosti razlučivanja pošlo je i drugim mogućim putem, to jest upotrebom svjetlosti manjih valnih dužina. Ako se kod istog mikroskopa upotrebi modra ili ljubičasta svjetlost koja ima manju valnu dužinu od žute ili crvene, onda se dobiju i slike sa više detalja. Pogotovo se to postizava upotrebom ultra-ljubičaste svjetlosti koju nam daje na primjer živina lampa. Kod toga međutim iskrsavaju dvije teškoće. U prvom redu mikroskopi koji se žele na tan način upotrebiti ne smiju više imati leće od stakla već od kvarca (kremena). Kako kvarc za optičke svrhe mora biti potpuno čist i savršeno proziran, ti su mikroskopi vrlo skupi. Povrh toga,

slika predmeta u mikroskopu dobivena ultra-ljubičastom svjetlošću više se ne može vidjeti nego se mora fotografirati. Zbog toga je tehnika mikroskopiranja silno otežana. Ipak, mnogi značajni i važni snimci učinjeni su pomoću kvarenog mikroskopa. Uzmemo li u obzir da je valna dužina ultraljubičaste svjetlosti koja se tu upotrebljava 2 puta manja od žute, onda je moć razlučivanja kvarenog mikroskopa u najpovoljnijem slučaju svega dva puta veća od običnog. Ostajemo prema tome uglavnom u području mikroskopski malog istoga reda.

Nova epoha u naporima istraživača na svladavanju mikroskopski malog nastupila je izumom elektronskog mikroskopa. Elektronski mikroskop je čedo savremene fizike, najočitiji praktički dokaz modernog shvaćanja strukture materije — valne mehanike. Po tom shvaćanju elektronima koji se giblju treba pripisati valna svojstva. I elektronske zrake, nekad poznate pod imenom katodnih zraka, imaju dakle valnu dužinu kao i zrake svjetlosti. I te se zrake mogu upotrebiti u mikroskopiji, ali je za njih potrebno konstruirati specijalne leće. Te leće mogu biti elektrostatske ili magnetske. U prvom slučaju to su električna a u drugom magnetska polja koja savijaju i skupljaju snop elektronskih zraka i tako vrše istu onu ulogu koju vrše optički sistemi kod obične svjetlosti i običnog mikroskopa. Elektronska optika može proračunati i praktički ostvariti takva električna i magnetska polja. Jedno polje djeluje kao objektiv, a drugo kao okular i čitav mikroskop kao cjelina daje sliku predmeta po zakonima obične geometrijske optike bez obzira što se »lom« elektronskih zraka zbiva drugačije.

Kao što je poznato i moć povećavanja i moć razlučivanja elektronskog mikroskopa neusporedivo su veći od onih običnog mikroskopa. Razlog je tome taj što elektronske zrake imaju znatno manju valnu dužinu. Točnije: elektronskim zrakama u elektronskom mikroskopu možemo po volji umanjiti valnu dužinu. Prema zakonima valne mehanike, valna dužina elektronskih zraka izračunava se po formuli  $\lambda = 12,24/\sqrt{V}$ , to jest, treba 12,24 podijeliti sa drugim korijenom iz napetosti pod kojom se elektroni

kreću, izraženoj u voltima, i dobit ćemo valnu dužinu u ångströmima. Lako je izračunati da je kod napetosti od 150 volta valna dužina elektronskih zraka jednaka 1 Å ili, ona je oko 6 hiljada puta manja od valne dužine obične (žute) svjetlosti. Sad nam je jasnije zašto je proračun elektronskog mikroskopa moguć na osnovu zakona geometrijske optike: kraj tako male valne dužine elektronske zrake mogu se smatrati savršenim geometrijskim pravcima. Poveća li se napetost pod kojom se kreću elektroni na 50 hiljada volta, kako se to u praksi i čini, dobijemo elektronske zrake kojih je valna dužina 100 hiljada puta manja od valne dužine obične svjetlosti. Treba međutim odmah istaknuti da moć razlučivanja nije porasla u tom odnosu. To zbog toga što otvor (apertura) elektronskog mikroskopa ne može biti tako velika kao kod običnog. Praktički je ona 50 do 100 puta manja. No, i pored tako male aperture morali bi dobiti moć razlučivanja oko 1 Å.

Što znači moć razlučivanja od 1 Å? To je fantastična moć razlučivanja i u praksi još nije postignuta. Evo ljestvice da nam bude jasnije u kakvom se području nevidljivog nalazi ova dimenzija. Bacil tuberkuloze dug je oko 50 hiljada ångströma, a virus duhanskog mozaika oko 2 hiljade ångströma. Prvi se jasno vidi u običnom mikroskopu, dok je drugi prvi put istom opažen elektronskim mikroskopom. Molekule su još manje. Tako je molekula kisika duga svega 4 Å, a razmak između atoma kisika u njoj iznosi svega 1,2 Å. Slijedi dakle, kad bi elektronski mikroskop imao moć razlučivanja od 1 Å, onda bi njime mogli gledati atome i molekule. Elektronski mikroskop otkrivao bi nam strukture molekula i prištedio mnoge napore kemičara i fizičara. Međutim, to nije postignuto i nije vjerovatno da će se postići. Moć razlučivanja elektronskih mikroskopa što su danas u upotrebi ne prelazi ispod 25 Å, dakle oko 15 do 20 međuatomskih razmaka. Drugim riječima, ni grubi detalji molekula ne mogu se razaznati. Zašto je tome tako?

Zato postoje dva principiijelna razloga. Prvi se sastoji u slijedećoj nerazrešivoj suprotnosti. Što više elektronskim zrakama umanjujemo valnu dužinu u nastojanju da dobijemo veću moć



razlučivanja, to više povećavamo njihovu energiju. Takve elektronske zrake velike energije ne mogu više »poštediti« predmet kojeg želimo promatrati. One djeluju na njega razorno, izbijaju mu atome, kidaju veze među atomima u molekulama, pomiču manje molekule i dijelove velikih molekula, mijenjaju raspored elektrona u molekulama i t. d. Na taj način mjesto stalnog rasporeda sitnih detalja u predmetu imamo neki statistički raspored unutar nekog većeg područja. Predmet je u tom području atomskih razmaka nestalnog »izgleda«, promjenjive strukture, sa promjenama koje izazivaju elektronske zrake koje na nj padaju, koje izaziva sredstvo kojim želimo predmet vidjeti. I što je nama to sredstvo bolje i finije, dakle, što su elektronske zrake manjih valnih dužina, to jače one djeluju na objekt motrenja. Međuatomski razmaci na taj način ostaju nepristupačni elektronskom mikroskopu.

Drugi razlog zbog kojeg međuatomski razmaci ostaju skriveni čak i elektronskom mikroskopu istog je porijekla kao i ograničenost običnog mikroskopa. Dužina vala elektronskih zraka makar siže i do vrijednosti od oko nekoliko stotinki angströma ipak nije više neznatna u odnosu prema veličini međuatomskih razmaka. Na tom području supermikroskopski malog opet prestaju vrijediti zakoni geometrijske optike i elektronske zrake ne možemo više zamijeniti geometrijskim pravcima. Valna priroda elektronskih zraka koja nam omogućuje konstrukciju elektronskog mikroskopa postaje kod tako sitnih međuatomskih razmaka smetnjom mikroskopiranja. To je »pogrška« mikroskopa koja se ne da izbjeći ni kod najboljih konstrukcija, granica koja suzuje kako običnu tako i elektronsku mikroskopiju.

Iz historije nauke znamo da ta okolnost što ne možemo »gledati« atome nije ni najmanje smetala razvoju atomistike. Uprkos njihovoj nevidljivosti mi o njima mnogo znamo, poznata nam je njihova veličina, struktura i štošta drugo. Antičkom atomisti Demokritu prigovarali su njegovi protivnici da atome nije nitko vidio i da se prema tome ne može znati da li postoje. No i u naše vrijeme, dvije hiljade godina poslije Demokrita, stavljali su isti prigovor neki malobrojni filozofi i prirodoslovci modernim fizi-

čarima i kemičarima dokazujući im da su atome oni sami izmislili. Naučna i tehnička praksa opovrgla je njihovo tvrđenje. Danas više nitko ne može postaviti naučno obrazložen prigovor ili sumnju u objektivnu realnost atoma i drugih elementarnih čestica.

Da se još s par riječi zadržimo na problemu »gledanja« atoma. Što mi zapravo želimo na atomu »vidjeti«? Ako želimo doznati njegovu boju, na primjer, onda nam je trud uzaludan. Atom nema boje, jer ga vidljivom svjetlošću ne možemo promatrati. Mogli bi međutim doznati njegov oblik ili, da se drugačije izrazimo, geometrijski raspored materije od koje je sastavljen u prostoru. No, ta materija u momentu promatranja rasijava one zrake kojima se u tom našem zamišljenom supermikroskopu služimo. Mi bismo prema tome promatrali raspored atomske materije koja rasijava te zrake. Ta materija su kako znamo elektroni i vrlo sitna jezgra. U takvom mikroskopu promatrali bi prema tome raspored elektrona u atomu. Čitatelji već znaju da ne bismo vidjeli elektrone kako kruže oko jezgre poput planeta oko sunca. Raspored elektrona u atomu opet je diktiran njihovom valnom prirodom. Elektroni čine oko jezgre »elektronski oblak« koji na različitim udaljenostima od jezgre ima različitu gustoću. Tamo gdje ima taj oblak veću gustoću tamo bi i rasijavanje zraka koje smo upotrebili bilo jače. Slika atoma u tom zamišljenom mikroskopu koja bi na taj način nastala, recimo na fluorescentnom zastoru, pokazivala bi svjetlija i tamnija mjesta. Tamo gdje je u atomu elektronski oblak gušći tamo bi na slici na zastoru odgovarajuća mjesta bila svjetlija, a gdje je rjeđi, tamo ne bi bila tako svijetla. Eto to bi bila slika atoma koju bismo dobili takvim mikroskopom, to bismo doznali na taj način o atomu.

I eto, u ovom članku želimo ukratko i po mogućnosti jednostavno pokazati da taj supermikroskop postoji. Postoji specijalna tehnika i metodika kojom se može snimiti i »naslikati« taj elektronski raspored u atomu i u molekulama. Ta posebna metoda mikroskopiranja atomskih i međuatomskih veličina osniva se na primjeni rentgenskih zraka. Ona se zove u nauci rentgenska strukturna analiza.

Mi smo u dosadašnjem izlaganju rentgenske zrake namjerno ispustili. Mnogi čitatelji znaju zašto smo to učinili. Rentgenske zrake naime, premda imaju malu valnu dužinu i premda ne postoji nikakva poteškoća da ih dobijemo s valnom dužinom manjom i od  $1 \text{ \AA}$ , ne mogu poslužiti kao sredstvo u mikroskopu, jer ne postoje leće koje bi nam ih sabirale. Staklo poslužiti ne može, lom rentgenskih zraka toliko je neznatan da je zbog toga razmjerno kasno otkriveno da on uopće i postoji. Električka i magnetska polja ne otklanjaju ih kao elektronske zrake. Prema tome, zbog toga što nemamo leća za rentgenske zrake, moramo napustiti misao o konstrukciji rentgenskog mikroskopa sličnog optičkom ili elektronskom iako bi nam valna dužina rentgenskih zraka sjajno odgovarala. Ipak postoji; kako smo netom ustvrdili, rentgenski »mikroskop«. Evo objašnjenja!

Fizika dobro poznaje djelovanje običnih staklenih leća u običnom mikroskopu. To djelovanje dade se pratiti i opisati određenim matematičkim operacijama. Svjetlost od predmeta prolazi kroz leću, pri tom se zbiva određeno uzajamno djelovanje svih zraka (valova!) svjetlosti i konačni rezultat je slika predmeta. U fizici dakle, može se izračunati slika predmeta ako znamo kako je jako i kakvih je valnih dužina svijetlo što je ušlo i prošlo kroz leću. Mjesto leće treba izvršiti određene matematičke operacije. Za obično svijetlo nam, jasno, to nije potrebno činiti, jer za nj imamo leće. Ali za rentgenske zrake to bi se isplatilo, jer kao nagradu za račun što ga »umjesto leće« izvršimo primimo sliku atoma. Eto, tako je nauka egzaktnom matematskom analizom doskočila nestašici leća za rentgenske zrake i ostvarila promatranje atoma pomoću rentgenskih zraka. Da vidimo sa koliko uspjeha rentgenska strukturna analiza nadomješta rentgenski mikroskop!

#### *Nešto o optičkoj mrežici*

Prije nego pređemo na taj naš glavni zadatak, to jest prije nego opišemo i objasnimo principe i metodu rentgenske strukturne analize, moramo se zadržati na nekim osnovnim pojavama koje su zajedničke svim valovima pa prema tome i svjetlosti.

Uzeli smo u tu svrhu pojave koje se zbivaju na tako zvanoj »optičkoj mrežici«, jer je teorija optičke mrežice osnov za razumijevanje djelovanja mikroskopa, a, vidjet ćemo, također i rentgenske strukturne analize.

Razumije se, da bi nas predaleko odvela rasprava o tome kakvo valno gibanje je u stvari svjetlost. Kod ovakvih elementarnih pojava kao što je pojava u optičkoj rešetki dovoljno je da se poslužimo elementarnim predodžbama. Budući da ćemo sve tvrdnje i pokuse objašnjavati na crtežima i slikama, dakle u dvije dimenzije, zadovoljit će nas i tako gruba predodžba, kao što je ona koju dobijemo isporidivanjem svjetlosnih valova sa valovima na površini vode.

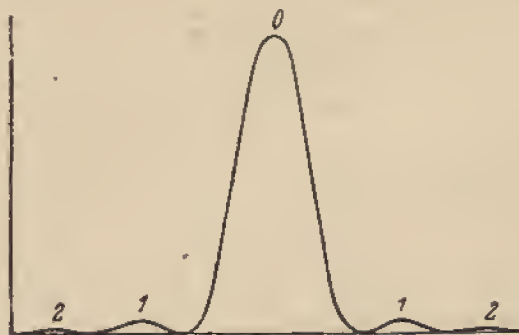
Neka »ravni« valovi svjetlosti padaju na zastor. Te »ravne« valove imamo u snopu paralelnih zraka monohromatske svjetlosti. Takva je približno žuta svjetlost natrijeve lampe i svjetlost koju dobijemo propuštanjem bijele svjetlosti kroz specijalne filtre. Na zastoru se nalazi uska pukotina. Njena širina neka iznosi nekoliko desetinki milimetra. Svjetlost će proći kroz pukotinu na drugu stranu. Na zastoru koга ćemo staviti na bilo kom mjestu iza pukotine ostavit će svjetlost, koja je prošla kroz pukotinu, svijetli trag. Po geometrijskoj optici zrake koje su bile paralelne prije nego što su prošle kroz pukotinu morale bi biti paralelne i poslije prolaza kroz pukotinu. Na zastoru bi, po geometrijskoj optici, morali dakle imati osvijetljeni dio identičan po obliku i dimenziji pukotini kroz koju je paralelni snop svjetlosnih zraka prošao. To se međutim ne događa. Na zastoru je osvijetljena veća površina. Zrake nisu ostale paralelne. Međutim, još osim tog centralnog svijetlog mjesta u smjeru prvotne svjetlosti, nalazimo na zastoru sa svake strane još svijetlih pruga koje se izmjenjuju tamnim prugama. Ovo skretanje svjetlosti od puta što joj ga propisuje geometrijska optika zove se ogib ili difrakcija. Model difrakcije na jednoj pukotini kako smo je opisali dat je na slici 1. a.

Umjesto zastora možemo iza pukotine staviti fotografsku ploču. Tamo gdje na ploču pada svjetlost ostat će poslije razvijanja i fiksiranja ploča tamna, a tamo gdje nije padala svjetlost



bit će ploča svijetla (prozirna). Uz model prikazana je na slici (b) takva fotografija (negativ) difrakcije na uskoj pukotini. Ploča je bila stavljena oko 4 metra iza pukotine, a upotrebljena je crvena svjetlost.

Sliku na ploči možemo prikazati vrlo jasno grafičkim putem. Ako na ordinatu naneseemo jakost osvjettljenja zastora a na apscisu udaljenosti od sredine slike, dobit ćemo krivulju prikazanu na slici 2. Uz centralni veliki maksimum imamo sa svake strane



Sl. 2. Raspored jakosti osvjettljenja poprijeko na ogibnoj slici prikazanoj na sl. 1.b.

dva maksimuma, jedan jači jedan slabiji, no oba znatno slabija od glavnog. Ostali maksimumi suviše su slabi, pa se ne vide. Tako na primjer ako uzmemo da glavni maksimum (koji se još zove »nulti«) ima vrijednost 100, onda drugi sporedni iznosi samo 1,6.

Ogib (difrakcija) svjetlosti nastaje zbog interferencije valova. Interferencija valova sastoji se u jačanju ili slabljenju valova. I u ovom slučaju svjetlosnih valova dobro nam dolazi poredba sa gibanjima u mehanici. Tamo vrijedi princip superpozicije ili sastavljanja gibanja, pa i periodičnih, kakva su valovi. Općenito uzevši, sastavljanje valova može dati različit rezultat, već prema tome s kakvom se »fazom« valovi sastavljaju, kakve su im amplitude i kakve valne dužine. Mi razmatramo najjednostavniji slučaj kad su valovi monohromatski. U tom slučaju valove koji izlaze iz bilo koje točke izvora možemo prikazati neprekinutim sinuso-

idama jednake valne dužine (periode). Faza svakog takvog vala ostaje za čitavo vrijeme stalna, to jest na datom mjestu će se nakon jednakih vremenskih razmaka ponavljati »brijeg« vala ili, drugim riječima, vrijednosti amplituda ponavljat će se na datom mjestu u jednakim razmacima. To vrijedi za sve valove koji se iz toga izvora rasprostiru. Zbog toga je i među njima svima uvijek jedna te ista razlika u fazi (takozvana »koherencija«). Ako je kod neka dva vala razlika u fazi jednaka nuli, onda se sastaje »brijeg« s »brijegom« i »dol« sa »dolom« i zbog toga rezultujuća amplituda ima maksimalnu vrijednost. U svakom drugom slučaju bit će rezultujuća amplituda manja od sume prvotnih, a u slučaju kad su valovi u protivnim fazama, to jest kad se sastaje »brijeg« sa »dolom« onda je rezultujuća amplituda jednaka nuli. U tom slučaju još se kaže da se valovi koji zaostaju za polovicu dužine jednog vala (ili neparni broj polovica) poništavaju. U svakom drugom slučaju se slabe ili jačaju, a budući da su monohromatski i jednake valne dužine, rezultujući val također je iste valne dužine i monohromatski.

Kad takav monohromatski val svjetlosti dopre do pukotine na zastoru, sve će točke u presjeku koji se na našoj slici podudara s ravninom papira, imati istu fazu titranja. U istoj će fazi titranja biti i točka na mjestu glavnog maksimuma na zastoru (ili foto-grafskoj ploči), jer su svi valovi koji su stigli do te centralne točke prešli jednaki put.

Da se objasni postojanje sporednih maksimuma potrebna nam je opet mehanička analogija. Ona je izražena u poznatom principu Huygensa i Fresnela. Treba naime pretpostaviti da je svaka točka u pukotini postala izvorom novog kuglastog (u našem presjeku kružnog) vala kako je to slučaj kod valova na vodi ili zvučnih valova. Od svake točke u pukotini šire se na sve strane i prema zastoru takvi valovi. Kako su svi ti novi izvori pobuđeni jednim te istim monohromatskim valom, to i oni oda-šilju monohromatske valove između kojih je u svakoj točki iza zastora neprestano stalna fazna razlika (postoji koherencija), te ti valovi mogu interferirati, oni se jačaju, slabe ili poništavaju.

Ispitat ćemo redom mjesta na stranu od mjesta gdje je glavni maksimum, da bi ustanovili, na kom mjestu treba da se pojave sporedni maksimumi, a gdje minimumi.

Dok se na mjestu glavnog maksimuma sastavljaju valovi koji su prešli jednake putove, to se, na mjestima koja su malo na stranu, sastavljaju valovi koji prolaze putove različite duljine. U blizini maksimuma te su razlike u putu neznatne, ali su ipak amplitude sastavljenih valova manje od onih na mjestu maksimuma. Uzmimo smjer u kom se rasprostiru valovi što se sastavljanjem poništavaju. Evo, koji će to biti smjer!

Neka val što se rasprostire od točke tik uz rub pukotine pretiće val koji se rasprostire iz točke na sredini pukotine upravo za jednu polovicu valne dužine. Oni se dakle sastaju tako da se brijeg jednog podudara s dolom drugog, to jest poništavaju se. No i val koji se rasprostire od točke koja je za neki mali razmak dalje od ruba pukotine pretiće val koji se širi iz točke koja je za jednaki mali razmak udaljena od sredine pukotine također za jednu polovicu valne dužine. I oni se isto poništavaju. Uopće, u onom smjeru u kom se od svakog para točaka u pukotini, koje su udaljene za polovicu pukotine, rasprostiru valovi koji se put razlikuje za polovicu valne dužine, u tom će se smjeru valovi poništiti, dobit ćemo tamno mjesto (tamu). Drugim riječima: jednostavnije, može se taj isti zaključak reći ovako: u onom smjeru u kojem val koji se širi iz točke tik uz jedan rub pukotine zaostaje za valom koji se širi iz točke tik uz drugi rub pukotine za jednu cijelu valnu dužinu poništiti će se valovi i dobit ćemo tamu (na zastoru tamnu prugu ili na fotografskoj ploči prozirnu prugu). Na sličan ćemo način doći do toga, da razlika putova od jednog i drugog ruba pukotine mora biti jedna i po valna dužina da dobijemo prvi sporedni maksimum, dakle, na zastoru prvu svijetlu sporednu prugu.

Što će se dogoditi ako monohromatski ravni val propustimo kroz dvije bliske pukotine? Raspored svijetlih i tamnih mjesta, koja ćemo dobiti na zastoru svakako ovisi o razmaku tih dviju pukotina. No uzimamo mali razmak koji nije mnogo veći od

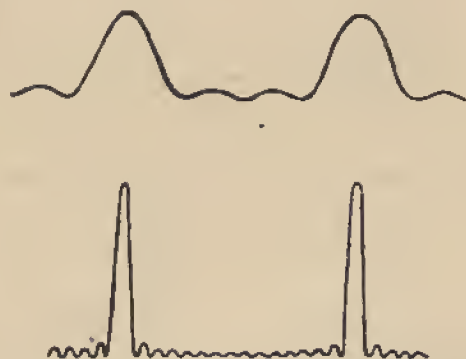
širine pukotine, a pukotina je, kako smo rekli, uska. Prije svega, od jedne kao i od druge pukotine, širit će se svjetlost onako kako smo to opisali malo prije za slučaj kad je bila samo jedna pukotina. No osim toga, sastavljat će se (interferirat će) valovi koji se prostiru iz jedne pukotine sa valovima, koji se prostiru iz druge pukotine. Dobiveni raspored svijetlih i tamnih mjesta na zastoru ne će biti onaj koji bi dobili kad bi valovi jedne pukotine padali na zastor neovisno od valova druge pukotine. Zbog toga što će se sastavljati ne samo valovi iz jedne pukotine nego svi valovi izašli iz obiju pukotina dobit ćemo i više maksimuma i više minimuma svjetloće nego u slučaju samo jedne pukotine. Vrlo značajno je to da će maksimumi biti uži. Od važnosti je daljnje povećavanje broja pukotina.

Na slici 3. je prikazan model ogiba monohromatskog ravnog vala na tri pukotine (lijevo) i četiri pukotine (desno). Jasno se vidi da osim centralnog ili glavnog maksimuma svjetlosti postoji još niz »glavnih« maksimuma, među kojima je opet niz novih sporednih »dopunskih« maksimuma. Vidimo da je u slučaju tri pukotine uvijek jedan sporedni maksimum između dva glavna, a u slučaju četiri pukotine, dva sporedna maksimuma između dva glavna. Broj sporednih maksimuma raste s brojem pukotina, ali, što je osobito važno, oni su sve slabiji i slabiji što je broj pukotina veći. U razmjeru s brojem pukotina raste i jačina glavnih maksimuma, ali, što je također vrlo značajno, oni postaju sve uži. Kad govorimo o jačini glavnih maksimuma, onda treba još i to reći da su oni sve slabiji kako se udaljuju od centralnog, ali da je razlika mnogo manja nego u slučaju malog broja pukotina. Na slici 4. dat je grafički prikaz osvjetljenja zastora u slučaju 4 i 16 pukotina.

Čitatelj već pogađa što će se desiti kad bude vrlo mnogo pukotina jedna do druge (paralelno i na jednakim razmacima). Tada će, istina, biti i mnogo sporednih maksimuma, no oni će biti tako slabi da ih više ne ćemo ni primijetiti. Oni će gotovo potpuno jednoliko osvjetliti područje između jakih glavnih maksimuma. Glavni će pak maksimumi biti vrlo uski. Kad, dakle,



monohromatska svjetlost prođe kroz niz od mnogo uskih i bliskih pukotina, ona se rastavi na mnogo ograničenih snopova svjetlosti. Takav niz od blizih uskih pukotina, u jednakim razmacima, daje optičku mrežicu.



Sl. 4. Krivulja jakosti osvijetljenja na ogibnoj slici u slučaju četiri pukotine (gore) i u slučaju šesnaest pukotina (dolje).

Optička mrežica ima vrlo veliku ulogu u optici. U optičke svrhe prave se specijalne mrežice koje se ugrađuju u spektrografe. Te mrežice nisu niz pukotina već niz prozirnih i neprozirnih linija na staklenoj pločici. Prozirne linije igraju ulogu pukotina u pokusu koji smo opisali. Priređivanje tih mrežica sastoji se u urezivanju linija u staklo oštrim dijamantnim nožem. Na liniji je površini stakla zaparano i zbog toga mutna i neprozirna, između linija je staklo prozirno i djeluje kao pukotina. Tehnika priređivanja optičkih mrežica vrlo je usavršena. Pošlo je za rukom povući na staklenoj pločici čak preko hiljadu (do 1200) linija na razmaku od jednog milimetra.\*

\* Jednostavne optičke mrežice načinio je Fraunhofer od usporednih tankih žica. Ako je mrežica načinjena urezivanjem linija dijamantom pomoću mašine za dijeljenje dužina na staklenoj pločici onda je to transmisijaska ili propusna mrežica. Mrežice urezane na kovnom zrcalu su refleksne mrežice. Krajem prošlog stoljeća dorjerao je H. A. Rowland u Americi tehniku izrađivanja ovakvih mrežica do velikog savršenstva. On je načinio mrežicu sa 110.000 crta na razmaku od 14,5 centimetara. Najveću optičku mrežicu, dugu 20 cm, visoku 10 cm, sa 500 crta na jedan milimetar, načinio je američki fizičar A. A. Michelson. Broj crta

Nas na ovom mjestu ne zanimaju takve savršene optičke mrežice i njihova primjena. Za naše daljnje razmatranje dovoljne su obične mrežice koje se priređuju na vrlo jednostavan način. Na bijelom papiru nacrtaju se tušom paralelni pravci jednakog razmaka i debljine. Takva se mreža pravaca snimi i načini njena fotografija ali znatno umanjena. Negativ na fotografskoj ploči predstavlja nam optičku mrežicu. Razmaci između linija iznose svega dvije do tri desetinke milimetra. Takav fotografski negativ neka bude naša optička mrežica. Tu imamo na staklu niz prozirnih i neprozirnih linija koje djeluju potpuno jednako kao niz pukotina. Prema tome i takva mrežica razdijelit će monohromatsko svjetlo na niz maksimuma, a budući da je broj linija dovoljno velik, sporedni maksimumi bit će neznatni i u račun možemo uzeti samo glavne.

Već smo ranije istakli, da je od važnosti razmak između pukotina ili, što je isto, razmak između linija na mrežici. To je konstanta mrežice o kojoj ovisi moć razlučivanja maksimuma. Što je taj razmak manji to će maksimumi biti oštiri i slijedit će u većem razmaku jedan od drugog. Mi ćemo ovdje tu konstantu mrežice zvati njenom periodom.\* Lako je razabrati da će glavni maksimumi slijediti jedan za drugim u onom smjeru pod kojim se valovi, izašli iz raznih točaka mrežice, no udaljenih za jednu njenu periodu, razlikuju u putu za jednu cijelu valnu dužinu. Na sporedne se maksimume ne ćemo ni obazirati. Što je perioda rešetke manja to se snopovi svjetlosti koji daju maksimume više

na toj mrežici iznosi 100.000, tako da bi sve crte, nanizane u jedan niz, dale dužinu od 10 km.

Izrađivanje optičkih mrežica je težak posao. I kraj automatskog rada na najtočnijem stroju i opreznog postupka lako nastaju pogreške. Dobre mrežice kakve trebaju za spektralne aparate vrlo su skupe i ima ih malo. Kopiju metalne mrežice prave tako da je preliju rastopljenim kolodijem. Kad otapalo ispari skine se oprezno kožica kolodija i učvrsti na staklenoj pločici.

\* Razmak između pukotina obično se zove samo konstanta mrežice. Mi ćemo je ovdje zvati »periodom« mrežice radi kasnijeg prelaza na periodu kristalne rešetke.

Nadalje, ćemo za periodički raspored atoma u prostoru ostaviti naziv »rešetka«, a za jednodimenzionalni periodički raspored pukotina uzet ćemo naziv »mrežica«, na primjer optička mrežica. Prema tome se i kristalna rešetka sastoji od »mrežnih ravnina«.

otklanjaju na jednu i na drugu stranu (simetrično!) od prvotnog smjera paralelnih zraka koje su pale na mrežicu, dakle i od smjera u kom nastaje centralni, »multi« maksimum. Mrežice sa manjom periodom imaju prema tome veću moć razlučivanja.

Potrebno je također reći nešto i o utjecaju valne dužine na položaj maksimuma. Lako je dokučiti kako će ovisiti položaj maksimuma o valnoj dužini. Što je, naime, valna dužina monohromatske svjetlosti manja, to će već pod manjim priklonom ka prvotnom smjeru doći do razlike u putu za jednu polovicu valne dužine. Drugim riječima, maksimumi će biti bliže jedan drugome, oni su stisnuti.

Zahvaljujući toj činjenici ogib svjetlosti na optičkoj mrežici našao je primjenu u spektroskopiji. Mi smo opisivali pokus samo sa monohromatskim svjetlom, ali pojava će biti ista i sa svjetlosnim valom koji je sastavljen od više osnovnih sinusoidalnih valova, ili, kako se kaže, koji sadrži svjetlost od više valnih dužina. U tom slučaju rastavit će mrežica svjetlost u maksimume kojima će svakom posebice pripadati jedna od valnih dužina koja je sadržana u prvotnoj svjetlosti. Ako se nalazimo u području vidljive svjetlosti, onda će nam mrežica rastaviti svjetlost na boje ili, kako se to kaže, dat će nam spektar upotrebijene svjetlosti. Maksimumi koji pripadaju manjim valnim dužinama bit će bliže centru, a oni većih valnih dužina dalje od centra. Općenito uzevši ti će se maksimumi različitih valnih dužina prekrivati.

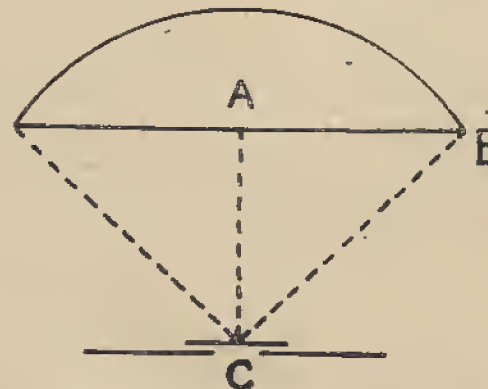
U daljnjem razmatranju zadržat ćemo se kod pojava s monohromatskom svjetlošću. To ne samo zbog toga što je to jednostavnije, već i zbog toga što se rentgenska strukturna analiza danas služi pretežno metodama koje se osnivaju na primjeni monohromatskih rentgenskih zraka.

Ogib ili difrakcija rentgenskih zraka što se zbiva na kristalima u principu je ista pojava kao i ogib obične svjetlosti na optičkoj mrežici o kom smo upravo govorili. Zato nam je i bilo potrebno da pojavi ogiba u toj elementarnoj formi posvetimo više mjesta. No osim što će nam teorija ogiba na mrežici biti od koristi za razumijevanje ogiba rentgenskih zraka na kristalima,

ona nam služi kao temelj u teoriji djelovanja mikroskopa. I kod mikroskopa kao i kod svih optičkih sistema djeluje svjetlost svojom valnom prirodom. Zato prije nego pređemo na rentgensku strukturnu analizu treba da upoznamo difrakcionu teoriju djelovanja mikroskopa. Poslije toga prijeći ćemo na objašnjenje onih »matematičkih« leća kojima se mogu »promatrati« atomi i molekule.

#### Abbe-ova teorija mikroskopa

Već od početka prošlog stoljeća datira opažanje, da se sitni detalji na predmetu koji se promatra mikroskopom uz veliko povećanje mogu vidjeti samo onda ako je velik otvor objektiva. Pod otvorom objektiva mislimo ovdje na onu konstantu mikroskopa koja se stručno zove »numerička apertura«. Što je numerička apertura razabiremo na slici 5. Tu je shematski prikazan



Sl. 5. Oris za razjašnjenje pojma aperture objektiva (vidi u tekstu).

objektiv jednom plankonveksnom lećom. Pod lećom nalazi se predmet koji promatramo. Od točke na predmetu koja leži na optičkoj osi izlaze na sve strane svjetlosne zrake. No, u objektiv ući će samo one koje ne zatvaraju suviše veliki kut s optičkom osi. Ili, kako se jasno vidi iz slike, u objektiv će ući one zrake kojima je priklon manji od priklona zrake CB. Zrake s većim



priklonom proći će mimo objektiva i ne će imati za sliku koja nastaje u mikroskopu nikakvu važnost. Omjer  $AB:BC$  zove se numeričkom aperturom. To je kako vidimo sinus maksimalnog »vidnog kuta« objektiva. Nije naš zadatak da ulazimo u opis metoda pomoću kojih mikroskopska tehnika povećava aperturu, no korisno je usput spomenuti da je na tom području postignuto ono što se najviše moglo postići. »Vidni kut« objektiva dostignut je u iznosu od  $70^\circ$ . To je mnogo, no vidimo da ni u tom slučaju sve zrake od predmeta ne mogu ući u mikroskop.

Kako smo već istaknuli, korisna velika povećanja, takva povećanja kod kojih će i sitni detalji biti vidljivi, mogu se postići samo kod mikroskopa s velikom aperturom. Naprotiv, mikroskopi koji imaju mali otvor objektiva, pa makar bili građeni od optički savršenih leća, daju sliku bez detalja i mogu se primjenjivati samo kad se radi o malim povećanjima. Zašto je tome tako?

E. A b b e (1840.—1905.), jedan od osnivača Zeiss-ove tvornice optičkih instrumenata i profesor u Jeni, prvi je razvio teoriju postanka slike predmeta u mikroskopu. Bilo je to sedamdesetih godina prošlog stoljeća. Do toga vremena pravili su mikroskope samo na osnovu iskustava. Ta su iskustva sticali majstori-optičari dugogodišnjim radom. Egzaktna baza njihova rada bila su samo pravila geometrijske optike. Abbe je upozorio kako geometrijska optika nije u stanju da nešto kaže o ulozi otvora objektiva. Na osnovu jedine geometrijske optike ne može se doznati zašto je potreban veliki otvor objektiva kod velikih povećanja. Zato Abbe ističe da se i kod mikroskopa mora također uzeti u obzir valna priroda svjetlosti i na taj način kvalitetu slike u mikroskopu dovesti u vezu sa valnim pojavama, kao što su interferencija i difrakcija. Tako je Abbe fizičku optiku sjedinjenu s geometrijskom optikom postavio kao temelj moderne nauke o djelovanju optičkih sistema. Od kolikog je to bilo značenja najbolje svjedoči kolosalan napredak u kakvoći optičkih instrumenata novijeg vremena.

Treba razlikovati predmete što ih promatramo na one koji sami svijetle i one koje u tu svrhu osvijetlimo. Nas zanima ovaj drugi slučaj. Predmet što ga mikroskopom promatramo priređen

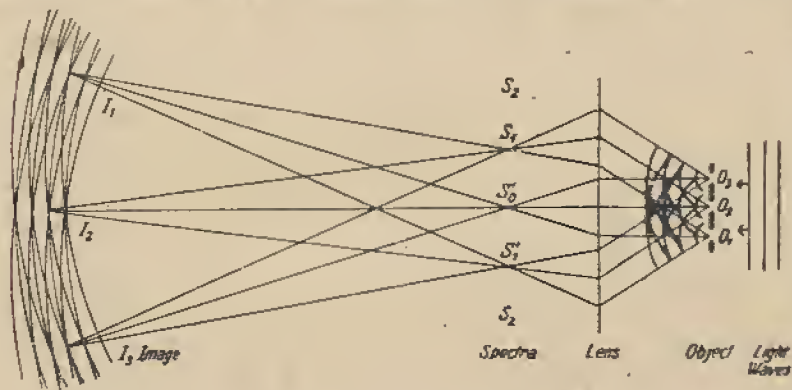
je kao mikroskopski preparat u tankom sloju, to jest dovoljno je tanak i zbog toga prozračan. To je potrebno zbog toga, jer ga osvjetljujemo odozdo. Taj predmet nije optički jedinstven, nego se sastoji od različitih detalja koji nisu svi jednako prozirni, nemaju jednaki indeks loma i ne apsorbiraju svjetlost jednako. Na tim detaljima predmeta dolazi do ogiba svjetlosti kao što smo to imali slučaj na pukotini ili optičkoj mrežici. Na nekom mikroskopskom preparatu, na primjer životinjskom ili biljnom tkivu, bakteriji ili prašini, pojava ogiba svjetlosti mnogo je složenija nego na pravilnoj optičkoj mrežici. No, i u preparatu možemo u mislima odvojiti sitne »pukotine« koje su na poseban način razmještene, na način koji taj predmet čini takvim kakav jest. Od tih pukotina šire se »maksimumi« svjetlosti prvog, drugog, trećeg i t. d. reda, interferiraju međusobno i daju konačnu pojavu ogiba. Ta je pojava ogiba vrlo osjetljiva na poredak detalja u predmetu. Drugim riječima, svaki preparat ima »svoj« ogib svjetlosti, jačina i raspored maksimuma karakteristični su za svaki preparat. Kraj svega toga, kod svih preparata zbiva se taj ogib po istom principu. On se zbiva po onom istom principu po kom se zbiva ogib na optičkoj mrežici. I optička mrežica je u stvari sastavljena od niza detalja. To su crte povučene oštrim dijamantnim nožem na staklenoj pločici. No, ti detalji poredani su vrlo pravilno, s jednakim razmakom i svi su jednaki.\* Zato je pojava ogiba na mrežici mnogo jednostavnija od one na preparatima iz mikroskopske prakse. Zato ćemo i Abbe-ovu teoriju izložiti, kako se to i čini, na slučaju obične optičke mrežice uz primjenu monohromatskog svijetla. Uzet ćemo optičku mrežicu kao mikroskopski preparat.

Prostim okom ne vidimo strukturu optičke mrežice. Stavimo li ju pod mikroskop vidimo crte u staklu od kojih se ona sastoji. U prvi mah to nas zbunjuje. Ta u predašnjem smo poglavlju opisali kako se svjetlost na optičkoj mrežici razbije na spektre,

\* Razumije se samo po sebi da nisu crte na optičkoj mrežici potpuno jednake. No, za naša razmatranja možemo ih smatrati takvima, jer se razlike među njima kreću u redu veličina jedne polovice valne dužine, dakle ispod moći razlučivanja optičkim mikroskopom.

to jest razdijeli na valne dužine u čitav niz »maksimuma« svjetlosti s jedne i druge strane od centralnog maksimuma. Kako su u mikroskopu nestali ti spektri i kako je nastala slika mrežice?

Kao odgovor neka nam posluži crtež na slici 6. S desne strane pada na optičku mrežicu s pukotinama  $O_1, O_2, O_3$  val monohromatske svjetlosti. Na mrežici se zbiva ogib. U nekim (mi već znamo kojim) smjerovima interferencijom su se valovi rasijane svjetlosti pojačali a u nekim oslabili i poništili. Malu razliku



Sl. 6. Postanak slike mrežice u mikroskopu prema Abbe-ovoj teoriji (prema W. L. Bragg-u).

prema pokusu što smo ga prikazali na modelu na slici 3. čini ovdje leća objektiva. Međutim, ta leća ne unosi nikakve nove razlike u fazi. S onom razlikom u fazi, u kojoj se nalaze valovi prije ulaska u leću, s tom razlikom interferiraju i iza leće. Leća samo skuplja svjetlost i lokalizira spektre u stražnjoj žarišnoj daljini objektiva. I zaista, sve zrake koje čine jednaki kut s optičkom osi (u našem slučaju sa smjerom prvotnih zraka) sastaju se iza leće u jednoj točki (na primjer  $S_1$ ). Zbog toga svakoj točki na žarišnoj plohi leće pripada određena razlika puta. Sve zrake iste razlike puta sastaju se u jednoj točki u žarišnoj plohi. Dakle sve zrake među kojima nema razlike u fazi sastaju se baš u žarištu leće. No, to su zrake koje daju »multi« ili centralni maksimum  $S_0$ . Na stranu od centralnog maksimuma nastaju maksimumi prvog, drugog, trećeg i daljnjih redova. Oni nastaju na mjestima u kojima je

razlika puta jedna cijela valna dužina, dvije, tri i t. d. valne dužine. U žarišnoj plohi objektiva imamo prema tome niz spektara naše mrežice. Ti se spektri mogu i vidjeti. Treba samo izvaditi okular i pogledati u tubus mikroskopa.

Na slici 7. dolje prikazani su maksimumi koji se na taj način vide u mikroskopu. Gore je fotografija (povećana) mrežice koja je u tom pokusu upotrebljena. To je u stvari mrežica dobivena na fotografskoj ploči na način kako smo to opisali u prethodnom poglavlju. Maksimumi su svijetli krugovi kojih intenzitet opada srazmjerno reduom broju počevši od centralnog maksimuma.



Sl. 7. Spektri mrežice koji nastaju u stražnjoj žarišnoj ravlini objektiva. Gore je slika mrežice (u stvari fotografski negativ koji služi kao mrežica) znatno povećana. Dolje je fotografija spektara te mrežice uz monohromatsko svijetlo snimljena u mikroskopu bez okulara (prema O. W. Bunn-u).

Maksimumi su zato takvi jer je izvor svjetlosti bio »točkasti« izvor, mrežica je bila osvijetljena ne paralelnim, već divergentnim snopom svjetlosti.

Postavlja se pitanje o broju maksimuma koji će nastati u stražnjoj žarišnoj daljini objektiva. To je naime glavno pitanje Abbe-ove teorije. Na to pitanje nije teško odgovoriti. Svakom maksimumu odgovara neki kut priklona s optičkom osi to jest sa smjerom na kom leži centralni maksimum. Što je redni broj maksimuma veći to je i taj kut veći. Nadalje, maksimumi nastaju od svjetlosti koja je ušla u objektiv. Međutim u objektiv mogu ući samo one zrake kojih kut priklona nije veći od »vidnog« kuta objektiva. Što je veća apertura objektiva to će više maksimuma biti u stražnjoj žarišnoj daljini objektiva. Ako je na primjer kut



koji pripada maksimumu trećega reda jednak  $50^\circ$ , a vidni kut objektiva je  $45^\circ$ , to u tom slučaju ne ćemo u mikroskopu vidjeti ni ti maksimum trećeg, kao ni maksimum reda daljeg od trećeg. Ako je pak vidni kut objektiva velik, dakle velika njegova numerička apertura, biti će u mikroskopu, na stražnjoj žarišnoj daljini objektiva, velik broj maksimuma, biti će i maksimumi višega reda. Budući da kakvoća slike (moć razlučivanja mikroskopa), kako je to iskustvo pokazalo, ovisi o aperturi, to sada, na osnovu opisanog pokusa, možemo reći da kakvoća slike ovisi o broju maksimuma koji nastaju u stražnjoj žarišnoj plohi objektiva.

No, ti maksimumi još uvijek nisu slika mrežice. To su tek njeni spektri ili, kako to zove Abbe, to je primarna slika mrežice. Međutim, zrake koje su se sastale u žarišnoj plohi dajući maksimume, interferirat će iza te plohe u točkama plohe  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  i dati sliku predmeta, to jest, mrežice u našem slučaju. To će biti prava slika mrežice koju promatramo okularom u mikroskopu. Lako je razabrati da će tu sliku dati zajedno sve zrake svih maksimuma. No, dok su maksimumi u žarišnoj plohi nastali sastavljanjem zraka jednakog kuta s optičkom osi, to slika iza žarišne plohe objektiva nastaje sastavljanjem svih zraka koje izlaze iz jedne točke predmeta (mrežice) bez obzira pod kakvim kutem. Drugim riječima, u toj ćemo plohi dobiti takav raspored tamnog i svijetlog kakav je na originalu, to jest, kakav je na samom predmetu. Ta će slika biti prava slika predmeta. O čemu će ovisiti kakvoća te slike? Kad će ta slika sadržavati više detalja ili, što je isto, kad će ona biti vjernija originalu?

Mi već znamo da će kakvoća slike ovisiti o otvoru objektiva. Ali, rekli smo, da o otvoru objektiva ovisi broj maksimuma u primarnoj slici. To znači dakle da će kakvoća slike ovisiti o broju maksimuma, ili, što je veći broj spektara višega reda ušao u mikroskop to će slika biti bolja i vjernija. Kad bi mogli u objektiv uhvatiti sve maksimume onda bi slika bila najbolja. Eto, to bi ukratko bila sadržina Abbeove teorije.

Već smo istaknuli, da su maksimumi nastali ogibom na mrežici to više razmaknuti od centralnog maksimuma što je perioda

mrežice manja, što su joj linije bliže jedna drugoj. Slijedi prema tome, da ćemo kod mrežica sa velikom periodom, to jest kod onih kod kojih linije nisu naročito blizu, dobiti dovoljan broj maksimuma u mikroskop. Zbog toga će i slika takvih mrežica u mikroskopu biti dobra. Naprotiv, kad mrežica sa malom periodom, to jest kod takvih kod kojih su linije vrlo blizu, morat ćemo upotrebiti mikroskop sa objektivom velikog otvora, da bi u mikroskop »ušlo« što više maksimuma. U protivnom slučaju, kad u mikroskop nije ušao dovoljan broj maksimuma, ne ćemo dobiti dobru sliku mrežice, linije se jedna od druge ne će odvojiti. Eto, zbog toga ovisi kvaliteta slike o aperturi objektiva.

Isti ovi zaključci odnose se, jasno, i na sve druge predmete što ih mikroskopom promatramo, a ne samo na optičku mrežicu. U svakom slučaju nastaju u žarišnoj plohi objektiva maksimumi — spektar ogiba, no daleko zamršeniji nego kod mrežice. Kod mrežice je osim toga osobito povoljna ta okolnost što mrežica ima detalje poredane simetrično i periodički. Mislimo kod toga, simetrično s obzirom na smjer prvotnih zraka. Zbog toga nastaju jednaki spektri s jedne kao i s druge strane. Kod drugih preparata iz svakodnevyne mikroskopske prakse to nije slučaj. No to nije ni važno, jer se tumačenje postanka slike na mrežici može prenijeti na svaki drugi predmet.

Svaku je teoriju potrebno potvrditi eksperimentom pa tako i Abbe-ovu. Potvrdu ovog dijela Abbe-ove teorije što smo ga upravo iznijeli nije teško provesti. Evo, kako se to može učiniti.

U tubusu mikroskopa mogu se zastorom (komadićem papira) zakloniti svi maksimumi, a propustiti samo »nulti« ili centralni. Ako sad stavimo okular na svoje mjesto i pogledamo krozanj u mikroskop, ne ćemo više vidjeti nikakvu sliku mrežice, nego ćemo vidjeti svijetlo polje svuda jednoliko osvijetljeno. O mrežici ni traga. Dakle, uprkos tome što svjetlost ulazi u okular i što po pravilima geometrijske optike mora nastati slika predmeta, mi te slike ne vidimo, ona nije nastala. Otuda donosimo zaključak da su za postanak slike potrebni i drugi maksimumi osim centralnog i, nadalje, da je glavni maksimum odgovaran za jačinu osvijetljenja

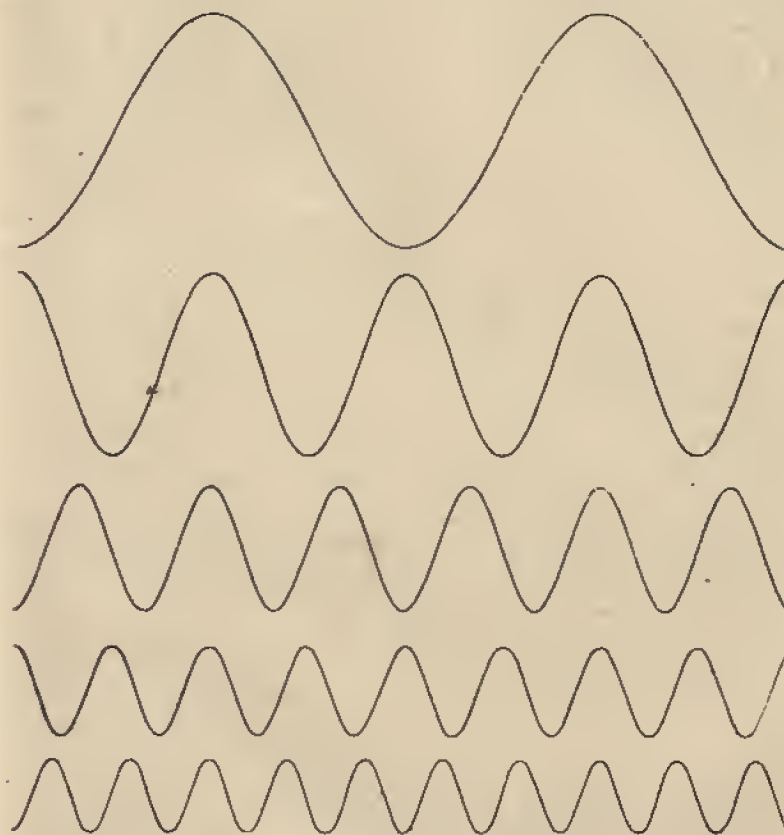
svih mjesta podjednako. On »snabdijeva« svijetlom cijelu ravninu slike.

Pokus možemo nastaviti dalje. Prekrit ćemo sve maksimume osim centralnog i ona dva s jedne i druge strane centralnog. Ostavljamo dakle centralni i oba maksimuma prvoga reda. Dobit ćemo mjesto slike mrežice vidno polje sa svijetlim i tamnim prugama. Najsvjetlija mjesta pruga bit će doduše razmaknuta kao na pravoj slici mrežice, no ona će postepeno postajati tamna i preći u tamnu prugu i t. d.

Slijedeći pokus neka se sastoji u tome da izostavimo sve maksimume osim centralnog i oba maksimuma drugog reda. Dobit ćemo sličnu sliku kao malo prije, no svijetle pruge bit će dva puta bliže nego kod prave slike mrežice. Možemo taj pokus usavršiti tako da pokrijemo sve maksimume neparnog reda, dakle: prvog, trećeg, petog i t. d., a ostavimo samo maksimume parnog reda. Dobit ćemo dobru i potpunu sliku mrežice ali, kojeg li čuda, ta slika pokazuje mrežicu koja ima dva puta više linija, kod koje su linije dva puta bliže jedna drugoj nego kod one mrežice koju u stvari gledamo kroz mikroskop! Drugim riječima, mi možemo u mikroskopu vidjeti i ono što uopće nije pod objektivom mikroskopa. Mi možemo vidjeti sliku predmeta kog ne promatramo!

Razumije se da bi pokus mogli udesiti i tako da mijenjamo otvor na leći objektiva. Tako bi dobili potpuno istu sliku s lećom koja ima toliki otvor da propušta samo oba spektra prvoga reda (uz nulti) kao što je i slika koju dobijemo ako zaklonimo sve druge spektre osim tih u stražnjoj plohi objektiva u tubusu mikroskopa. To se može učiniti »iris-blendom« smještenom između mrežice i objektiva. Odsustvo svake razlike u rezultatu pokusa na prvi ili drugi način jasno pokazuje kako leća objektiva vrši u stvari sporednu ulogu. Ona samo skuplja spektre ogiba na uže područje.

Tok i rezultate pokusa možemo vrlo pregledno i jasno prikazati grafički. Takav prikaz dat je na crtežima na slici 8. i 9. Prije objašnjenja crteža, treba upozoriti na jednu važnu okolnost. Kad prelazimo na grafički prikaz, stoje pred nama dvije moguć-



Sl. 8. Raspored amplituda što ga daje svaki interferencijski maksimum konačnoj slici u mikroskopu. Uzeto je ukupno 6 maksimuma i to redom odozgo: nulti, prvi, drugi, treći, četvrti i peti.

nosti i to: ili ćemo crtati krivulju promjene amplituda ili krivulju promjene intenziteta svjetlosti. Kao što je poznato osvjetljenje slike na nekom mjestu proporcionalno je intenzitetu svjetlosti. Ako, dakle, crtamo krivulju promjene intenziteta, onda imamo



grafički prikaz osvjetljenja, dakle, grafički prikaz slike koju gledamo kroz okular. Poznato je, nadalje, da je intenzitet svjetlosti proporcionalan kvadratu amplitude. Slijedi da je amplituda vala svjetlosti proporcionalna drugom korijenu iz jakosti osvjetljenja. I tu sad nastaje pitanje o tome koji ćemo predznak dati drugom korijenu, da li »plus« ili »minus«. Predznak drugom korijenu iz jakosti osvjetljenja ili kraće, predznak amplitude, ima ovaj fizički smisao. Amplituda s pozitivnim predznakom znači val svjetlosti koji interferira sa faznom razlikom nula ili cijeli broj perioda, a amplituda sa negativnim predznakom znači val svjetlosti koji interferira sa faznom razlikom od  $180^\circ$  ili s neparnim brojem polovica periode (valne dužine). O fizičkim i geometrijskim svojstvima mrežice ovisit će sa kolikim amplitudama i u kojim fazama će interferirati valovi u nekoj točki u ravnini slike. Moramo odmah istaknuti da nismo u mogućnosti da izmjerimo fazne razlike. Ono što vidimo i mjerimo to je osvjetljenost datog mjesta, a ona je, kako smo već rekli, proporcionalna kvadratu amplitude.

Uzet ćemo zato kao primjer vrlo jednostavan slučaj. Neka je mrežica što je promatramo simetrična s obzirom na optičku os mikroskopa. Ona neka je smještena tako da se prva linija na jednu stranu nalazi jednako daleko od optičke osi kao i prva linija na drugu stranu. Točka kroz koju prolazi optička os mrežicom postaje tako centar simetrije mrežice, jer se ostale linije nalaze na jednakim razmacima (periodama) od prvih s jedne i druge strane. Taj centar simetrije uzimamo za ishodište našeg koordinatnog sustava. Slijedi, dalje, da će i slika mrežice biti centralno simetrična s obzirom na točku koja se također nalazi na optičkoj osi. Drugim riječima svakoj točki udaljenoj od ishodišta za  $x$  pripadat će iste amplitude po veličini i predznaku kao i točki udaljenoj za  $-x$ . U matematici to se kaže da će raspored amplitude u tom slučaju biti prikazan takom funkcijom. U našem slučaju to je funkcija kosinusa. U ishodištu, u ravnini slike, interferirat će dakle amplitude sa svojom maksimalnom ili minimalnom vrijednosti. Pređimo sad na naš grafički prikaz!

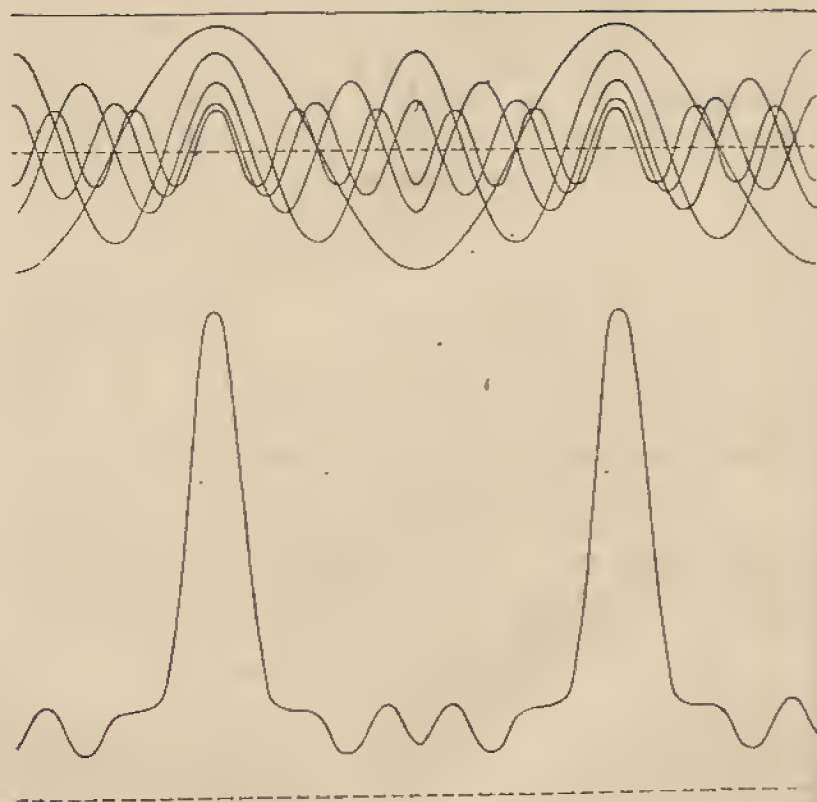
Najprije imamo raspored amplitude nultog spektra po cijeloj ravnini slike. Taj je prikazan ravnom linijom paralelnom osi apseisa na nekoj određenoj ordinati koja je proporcionalna drugom korijenu iz jakosti osvjetljenja vidnog polja u slučaju kad je objektiv propustio samo spektar nultoga reda. Sve točke imaju u tom slučaju istu fazu.

Slijedi raspored amplitude koje daje spektar prvog reda, zatim spektar drugog, trećeg, četvrtog i petog reda. Ostali spektri su izostavljeni i možemo uzeti da ih objektiv zbog nedovoljnog otvora nije »uhvatio«. U crtež su uzete samo dvije periode.

Želimo li dobiti konačni raspored amplitude u ravnini slike, kad su interferirali valovi svih spektara ušli u mikroskop, moramo zbrojiti za svaku točku sve vrijednosti amplitude. To je učinjeno na slici 9. Rezultat sumiranja dat je posebno. Na mjestima prozirne linije na mrežici imamo na slici velike vrijednosti amplitude. Tu je i osvjetljenje u slici najjače. Na mjestima tamnih pruga imamo male vrijednosti amplitude. Primjećujemo međutim da i tu ima manjih i većih vrijednosti. To dolazi otuda što je uzet nedovoljan broj spektara. Da ih je više nestale bi i te neravnosti između svijetlih linija. Prema tome, pomoću našeg zamišljenog mikroskopa sa aperturom koja propušta samo spektre petoga reda, vidjeli bi uz jake svijetle linije još po dvije vrlo slabe. Međutim tih slabih na mrežici, dakle na predmetu što ga pod mikroskopom promatramo, uopće nema. Po detaljima, znači, slika ne bi bila vjerna originalu!

Na vrlo zanimljiv način nastaje dakle slika mrežice u mikroskopu. Ponajprije mrežica razbije monohromatski val svjetlosti na amplitude i podijeli ih u spektre. Leća ih zatim sastavi, i svakoj točki dodijeli pripadnu amplitudu i fazu, sve sumira bez pogreške i mi vidimo sliku mrežice, vidimo onaj raspored svjetlosti kakav je upravo na mrežici. No, to što vrijedi za monohromatski val svjetlosti vrijedi i za svaki drugi, vrijedi i za bijelu svjetlost. U tom slučaju obavlja mrežica još jedan posao. Ona podijeli svjetlost osim po amplitudama još i po valnim dužinama. Od svake točke mrežice dobije svaki spektar po jedan val osnovne

valne dužine i pripadne amplitude. Tako se sva svjetlost koja je pala na mrežicu podijeli po spektrima, a u njima po valnim dužinama, amplitudama i fazama. Leća objektiva probere opet za svaku pripadnu točku slike sve valne dužine amplitude i faze i sumira ih. Vidimo kako su kod običnih mikroskopskih preparata



Sl. 9. U mikroskopskoj slici mrežice sumiraju se svi prilozi svih spektara. Gore je nacrtan raspored amplituda za svaku točku slike za svaki od uzetih šesnaest maksimuma. Za svaku točku svi se prilozi sumiraju. Dolje je konačna slika mrežice, prikazana krivuljom rasporeda amplituda. Uzete su samo dvije periode.

uz primjenu bijele svjetlosti vrlo složene prilike interferencije. Preparat nije centralno simetričan i ne sastoji se iz prozirnih i neprozirnih mjesta. Tvar preparata koja rasijava svjetlost sastoji

se iz neperiodički razmještenih detalja različitog indeksa loma. Kakve tu sve mogu nastupiti razlike u fazi! Nismo u stanju ni grafički ni računski izvesti »sintezu« slike kao što to lako učinimo u slučaju jednostavne optičke mrežice.\* Međutim, mikroskop taj posao obavlja!

W. Volkmann, koji je konstruirao vrlo zgodan aparat za demonstraciju Abbe-ove teorije, u svojoj knjižici »Praksa optike leća« ovim riječima opisuje nastajanje slike u mikroskopu: »To nam se pričinja gotovo kao čarolija, da je mikroskop mali majstor računanja, koji savršeno vlada integriranjem, to jest on sve priloge, koje pridonosi svaka točka bilo koje valne plohe, za svaku točku slike sortira, bez ostatka sumira, i tako odredi bez pogreške koja je točka svijetla, koja ostaje tamna, koja treba da ima crveno, koja zeleno, a koja plavo svijetlo.«

Eto, tako optičke leće obavljaju integralni račun. U principu je to sve poznato i matematske metode izradene. Prema tome, možemo sad dati odgovor na postavljeno pitanje u prvom poglavlju: Iako nemamo leća za rentgenske zrake i ne možemo konstruirati rentgenski mikroskop, mi možemo matematičkim operacijama zamijeniti leće i tako »sintetizirati« sliku atoma i molekula kakvu bismo vidjeli kad bismo taj mikroskop imali. Da vidimo, na koji način funkcionira rentgenska strukturalna analiza kao zamjena rentgenskom mikroskopu!

### Rentgenska strukturalna analiza

Eksperimentalni dio metode rentgenske strukturalne analize sastoji se u točnom mjerenju ogiba rentgenskih zraka na kristalima. To se mjerenje provodi na razne načine, od kojih je danas najrašireniji onaj, koji se služi pojavama fiksiranim na fotografskoj

\* Čitatelj, koji je malo više upućen u matematiku, lako će razabrati da se ovdje radi o takozvanoj Fourierovoj sintezi jedne periodičke funkcije. To je funkcija koja predodređuje raspored svjetlosnih amplituda po optičkoj mrežici. Koeficijenti Fourierovog reda ovdje su amplitude svjetlosnih valova pojedinog spektra. Razabiremo da su predznaci tih koeficijenata glavni eksperimentalni i računski problem.



emulziji, takozvanim rentgenogramima. U ovom prikazu nije potrebno ulaziti u historijat i detalje tog eksperimentalnog dijela i zato ćemo ga prikazati samo u nekoliko redaka.

Starog je datuma predodžba kristala kao prostorne rešetke. Atomi su u kristalu razmješteni periodički u sva tri smjera. Vanjska simetrija kristala samo je odraz unutrašnje simetrične grade. Budući da kristali, kao savršena čvrsta tijela, imaju vrlo mali koeficijent kompresibiliteta, izvodi se zaključak da su atomi, ioni ili molekule, koji izgrađuju kristalnu rešetku, složeni u njoj vrlo tijesno, praktički do minimalnih razmaka. Oni se u rešetki dodiruju svojim elektronskim ovojnica, kako se to obično kaže. Meduatomski razmaci u kristalnoj rešetki su veličine od 1 do 2 Å. Kristalna rešetka prema tome predstavlja idealnu optičku mrežicu za rentgenske zrake.

Optička mrežica o kojoj smo ranije govorili je periodička u jednom smjeru. Atomski analogon optičke mrežice bio bi niz jednakih atoma poredanih po pravcu jedan do drugog. Takav samostalni atomski agregat nije ostvariv.

Dvodimenzionalna rešetka je periodična u dva smjera. Takva atomska dvodimenzionalna rešetka bila bi slagalina atoma u ravni na jedan od bezbroj mogućih načina ili, na primjer, na najgušći heksagonski način. Takve atomske dvodimenzionalne rešetke nemaju, jasno, praktičnu važnost. One imaju analogona kod tako zvanih »ukrštenih mrežica« u optici. To su mrežice koje dobijemo ako prekrijemo jednu optičku mrežicu drugom tako da im se linije sijeku pod nekim kutem, uzmimo, na primjer, pravim kutem. Ako nam se pri tom mrežice sastoje od prozirnih i neprozirnih linija onda se ukrštena mrežica sastoji (zanemarijući debljinu staklene pločice) od periodički razmještenih jednakih prozirnih romba (ili, u našem slučaju, kvadrata) na tamnom polju u jednoj ravni. Na takvoj pločici interferiraju svi valovi što su prošli kroz kvadrate međusobno i daju skladnu i simetričnu sliku ogiba. Ona se sastoji od niza spektara koji se u slučaju da je primjenjena monohromatska svjetlost sastoje od maksimuma iste valne dužine no različitih amplituda, već prema strukturi mrežice.

Takva jedna slika ogiba na ukrštenim mrežicama prikazana je na slici 10. Dok smo kod obične optičke mrežice red spektara označavali rednim brojevima počev od nule, to kod ogibne slike ukrštenih mrežica moramo uzeti dva broja. Ako, na primjer, jedan maksimum nastaje tako da val rasijan od kvadrata u vodoravnim nizovima sa zaostatkom od tri valne dužine interferira sa valom rasijanim od kvadrata u okomitim nizovima sa razlikom



Sl. 10. Ogibna slika monohromatskog ravnog vala na ukrštenim optičkim mrežicama.

od jedne valne dužine, onda je maksimum sa redom 3 i 1. Ti se indeksi (indeksi interferencije) pišu zajedno 31, općenito  $hk$ , gdje su  $h$  i  $k$  cijeli brojevi ili nula. Maksimum 00 je centralni ili nulti maksimum i nalazi se u centru slike. To je svjetlost koja je prošla »bez ogiba«.

Kristalnu rešetku možemo zamisliti sastavljenu od velikog broja ovakvih dvodimenzionalnih ukrštenih mrežica periodički složenih u nekom trećem smjeru. Na prvi mah skloni smo pomisli da će ovakva prostorna rešetka kao što je kristal dati vrlo velik broj interferencionih maksimuma u ogibnoj slici. Međutim to nije tako. S jedne strane, to pokazuje eksperiment a, s druge strane, to možemo i lako zaključiti na ovaj način. Pretpostavimo

da neki kristal stavimo u snop paralelnih rentgenskih zraka. Da dođe do maksimuma kao rezultata interferencije mora val rasijan na nizu atoma u jednom smjeru, biti u fazi još sa valovima rasijanim na nizu atoma u druga dva smjera. Stavlja se dakle zahtjev da svaki od tri kuta kojim je određen smjer rasijanih zraka zadovolji uslovu saglasnosti faza. Takvih smjerova za monohromatsku rentgensku svjetlost ima vrlo malo i u općem slučaju može slika ogiba uopće izostati. Zato se takozvana Laue-ova metoda sastoji u primjeni »bijele« rentgenske svjetlosti. Svakom maksimumu na »lauegramu« odgovara dakle niz valnih dužina koje se odnose kao cijeli brojevi. Tipični lauegram dat je na slici 11.



Sl. 11. Oglabna slika rentgenskih zraka na kristalnoj rešetki amonijeva klorida po Laue-ovoj metodi (prema G. W. Bunn-u).

Razumiije se, da je svakom rentgenskom interferencionom maksimumu potrebno dati kao indeks tri cijela broj  $hkl$ . To su Laueovi indeksi. Njihovo značenje razabire se već iz primjera na dvodimenzionalnoj rešetki. Laueova metoda danas se praktički upotrebljava samo za određivanje kristalne simetrije i kod potpunog određivanja strukture, bez upotrebe drugih metoda, rijetko dolazi u obzir.

Glavni nedostatak Laueove metode je u tome što daje malo interferencionih maksimuma, malo pjega na rentgenogramu. Mi već znamo iz Abbeove teorije kako maleni broj interferencionih maksimuma ne može dati dobru sliku. Laueova metoda u rentgenografiji analogna je prema tome mikroskopu s malim otvorom objektiva. Ulogu objektiva s velikim otvorom igraju u rentgenskoj strukturnoj analizi metode koje daju bogatu ili, bolje da se izrazimo, potpunu ogibnu sliku. To su takozvane metode »rotirajućeg kristala«. Prvu metodu te vrste izradili su otac i sin Bragg.

Nepovoljni uvjeti interferencije mogu se ukloniti tako da se nekom povlaštenom smjeru u kristalnoj rešetki (na primjer kristalografskoj osi ili osi simetrije) dađe stalan kut sa rentgenskim



Sl. 12. Oglabna slika monohromatskih rentgenskih zraka na kristalu gipsa koji je rotirao za vrijeme snimanja oko jedne kristalografske osi. Vidi se veliki broj interferencionih maksimuma (»pjega«) poredanih u nizovima (G. W. Bunn).

zrakama. Ako tako namješten kristal polagano rotira oko tog smjera, onda se postepeno ispunjavaju uvjeti za postanak interferencionih maksimuma različitih indeksa. Na cilindričnom koksijalnom fotografskom filmu poredaju se interferencioni maksimumi u nizove. Dobijemo rentgenogram rotirajućeg kristala. Takav jedan snimak prikazan je na slici 12. Upotrebile su monohromatske zrake sa bakrene anode ( $\lambda = 1,54 \text{ \AA}$ ).



Iz poglavlja o optičkoj mrežici znamo da su razmaci među maksimumima to veći što je perioda rešetke manja. To vrijedi i za ogibnu sliku na kristalu. Iz geometrijskih odnosa na rentgenogramu doznajemo prema tome kolika je perioda kristalne rešetke, to jest, na kojim se razmacima ponavlja poredak atoma u svā tri smjera (recimo, u smjerovima kristalografskih osi). Tako dobijemo veličinu bridova elementarnog paralelepipeda, takozvane elementarne ćelije, kristalne rešetke. Riješiti veličinu jedne elementarne ćelije i odrediti položaj atoma u njoj, znači dakle riješiti strukturu cijele kristalne rešetke.

Broj rentgenskih interferencijonih maksimuma koji mogu nastati na nekoj kristalnoj rešetki određen je valnom dužinom upotrebene rentgenske svjetlosti i veličinom elementarne ćelije rešetke. Obično se upotrebljavaju rentgenske zrake što ih emitira bakrena anoda, a periode rešetke su oko 10 Å. Broj mogućih maksimuma iznosi tada preko 1000. Kod rešetki složene građe, s velikom elementarnom ćelijom, kao što je to na primjer slučaj kod kristala bjelančevina, broj mogućih maksimuma iznosi na desetke tisuća. Kod određivanja kristalne strukture ide se za tim da se »snimi« što više maksimuma, a po mogućnosti svi koji se u datim uslovima eksperimenta mogu pojaviti.

Tako dobijemo ogibnu sliku rentgenskih zraka na kristalu koja je po svemu analogna onoj ogibnoj slici što je dobijemo kad pustimo monohromatski val na optičku mrežicu. Staviti kristal na put rentgenskim zrakama slično je kao staviti optičku mrežicu na stolić mikroskopa i osvijetliti je monohromatskom svjetlošću. U drugom slučaju imamo objektiv i okular koji nam sastave sliku iz interferencijonih maksimuma, a u prvom slučaju moramo se poslužiti računom.

Vidjeli smo, kako je kod sastavljanja slike mrežice grafičkim putem bilo potrebno poznavanje veličine valnih amplituda za svaki red spektra. Veličina amplitude to je onaj prilog slici koji donosi svaki interferencijoni maksimum. Sastavljanjem svih tih amplituda u svakoj točki ravnine slike dobijemo konačni raspored osvjjetljenja slike koji odgovara onom na originalu, na mrežici

ili predmetu što ga promatramo. Kako dolazimo do valnih amplituda rentgenskih interferencijonih maksimuma? Bez poznavanja njihovih veličina ne ćemo moći sastaviti sliku kristalne rešetke.

Već na reprodukciji rentgenograma (pozitiva) na slici 12. jasno se vidi da ima slabih i jakih pjega. Rentgenski interferencijoni maksimumi razlikuju se znatno po svom intenzitetu. Jedni donose na fotografski film mnogo energije, jedni malo. Njihov intenzitet proporcionalan je kvadratu amplitude. Zato je potrebno izmjeriti intenzitet svih interferencijonih maksimuma na jednom kristalu, to jest, intenzitet svih pjega na rentgenogramu. Taj posao nije lak no od velike je važnosti.

Da iz izmjerenih vrijednosti intenziteta dobijemo amplitude potrebno je, kako to već znamo, izvaditi drugi korijen.\* Tako dobivene veličine predstavljaju apsolutne vrijednosti amplituda. Njihov predznak ne možemo odrediti eksperimentalnim putem. Određivanje predznaka strukturnim amplitudama je najodgovorniji zadatak rentgenske strukturne analize, to je ujedno i posao koji najdulje traje. Još danas je najvažnija metoda za određivanje predznaka amplitudama poznata pod imenom »metoda probe i pogreške«. Kao što i sam naziv kaže, ona se osniva na odabiranju predznaka i višekratnom isprobavanju ispravnosti izbora. Taj izbor predznaka bio bi potpuno proizvoljan kad ne bi imali kemijske strukturne formule. Veličina i predznak amplitude ovise o rasporedu atoma u elementarnoj ćeliji kristalne rešetke. O tom rasporedu atoma u rešetki možemo unaprijed suditi samo na osnovu nekih, prvenstveno kemijskih podataka. Taj najvažniji podatak je kemijska formula spoja. Polazeći od kemijske formule spoja koja nam daje i relativni razmještaj povezanih atoma možemo odabrati najvjerojatnije položaje koje mogu atomi zauzeti u kristalnoj rešetki. Kad odaberemo takve položaje atoma, kod kojih nam se izračunate amplitude po veličini dobro slažu s onima

\* Prijelaz od intenziteta na amplitude u praksi je stvarno nešto duži. Vrijednosti intenziteta potrebno je prije korigirati zbog pojava koje prate sam ogib. To je apsorpcija zraka na tvari kristala, nejednako rasijavanje u svim smjerovima, divergencija i nelinearni odnos pocrnjenja fotografske emulzije i energije zraka.



što smo ih dobili iz izmjerenih intenziteta na rentgenogramu, onda su nam i predznaci amplituda dobro odabrani. Kad smo to učinili za sve maksimume koji ulaze u obzir, onda imamo ono što smo imali u stražnjoj žarišnoj plohi objektiva kod promatranja mrežice bez okulara: sortirane maksimume po amplitudama. Treba sad na svakoj točki slike izvršiti sumu amplituda svih maksimuma sa pripadnom veličinom i fazom. Ona leća koja nam to čini je matematička operacija poznata pod imenom Fourierove sinteze. To je upravo ona operacija koju smo izveli kad smo sastavili sliku mrežice grafičkim putem. No, najprije da odgovorimo na neka pitanja koja će čitatelja sigurno zanimati.

Kristalna rešetka je prostorna, trodimenzionalna ogibna mrežica i opravdano je pitanje, kako ćemo dobiti njenu sliku u prostoru. Prije svega, kad govorimo o slici kristalne rešetke onda mislimo na sliku jedne jedine elementarne ćelije, jer se cijela rešetka sastoji u ponavljanju te ćelije kao periode u sva tri smjera u prostoru. Budući da znamo sve geometrijske veličine ćelije možemo izračunati sumu amplituda za neki dovoljno veliki broj točaka unutar ćelije. Razdijelimo na primjer bridove ćelije na 60 dijelova, i na taj način odredimo u elementarnoj ćeliji  $60^3 = 216000$  točaka i za svaku točku izračunamo sumu pripadnih amplituda. Svakako golem računski posao! Odmah ističemo da su takve trodimenzionalne (prostorne) sinteze počeli izvoditi tek u posljednje vrijeme, kad su uvedeni u upotrebu moćni strojevi za računanje. Oni cijelu sintezu obavljaju »sami«, samo im treba »ubaciti« amplitude zabilježene na specijalnim perforiranim karticama.

Mnogo običnija i u većini slučajeva potpuno dovoljna slika kristalne rešetke je dvodimenzionalna slika u ravnini. Takva slika je u stvari projekcija elementarne ćelije na jednu plohu. Obično je to projekcija na plohu koja je okomita osi rotacije kristala. Za takvu projekciju nisu potrebni svi mogući interferencijski maksimumi. Dovoljni su samo oni koji leže u jednom nizu na rentgenogramu rotirajućeg kristala, upravo u ekvatorijalnom ili »nultom« nizu (vidi sliku 12.). Projekciju elementarne ćelije na

jednu ravninu možemo predočiti kao da nastaje tako da sav sadržaj ćelije stisnemo u jednu ravninu. To je u neku ruku tlocrt elementarne ćelije u kom su sadržani svi atomi ćelije, slično kao što iz plana zgrade znamo razmještaj svih njenih odaja i detalja.

Ostaje još jedno pitanje: »Što nam daje suma amplituda u svakoj točki tako dobivene projekcije elementarne ćelije?« Opet ćemo istaknuti analogiju između ogiba na optičkoj mrežici i ogiba na kristalnoj rešetki. Slika optičke mrežice, što smo je dobili grafičkim putem, prikazivala je raspored amplituda rasijanog svjetla na samoj mrežici. Slijedi, da projekcija elementarne ćelije prikazuje raspored amplituda rasijanih rentgenskih zraka na tvari rešetke. Ta tvar rešetke koja rasijava rentgenske zrake su elektroni. Veličina amplitude rasijanih rentgenskih zraka na datom mjestu rešetke proporcionalna je broju elektrona na tom mjestu. Bit ćemo točniji. Valna mehanika odustala je od predodžbe elektronskih staza u atomima i uvela funkciju rasporeda elektrona u atomu. Ta funkcija određuje vjerojatnost nalaženja elektrona na nekom mjestu u atomu. Elektroni tako čine oko atomske jezgre »oblak« koji na različitim udaljenostima od atoma ima različitu gustoću. Amplituda rasijanih rentgenskih zraka na atomu je proporcionalna gustoći elektronskog oblaka. Prema tome, vrijednost sume amplituda na projekciji elementarne ćelije u bilo kojoj njenoj točki proporcionalna je gustoći elektrona u toj točki kristalne rešetke. Projekcija elementarne ćelije u stvari je projekcija funkcije elektronske gustoće u kristalu. Tamo gdje je gustoća elektrona najveća tamo se nalaze atomi. Mjesta male elektronske gustoće ili, mjesta s elektronskom gustoćom nula, su mjesta između atoma. Tako na slici koju daje rentgenska strukturna analiza — na projekciji funkcije elektronskog rasporeda u kristalu — doznajemo i veličinu atoma, njihov razmak, broj elektrona koji sadrže i način na koji su vezani. Uzmimo sad nekoliko primjera!

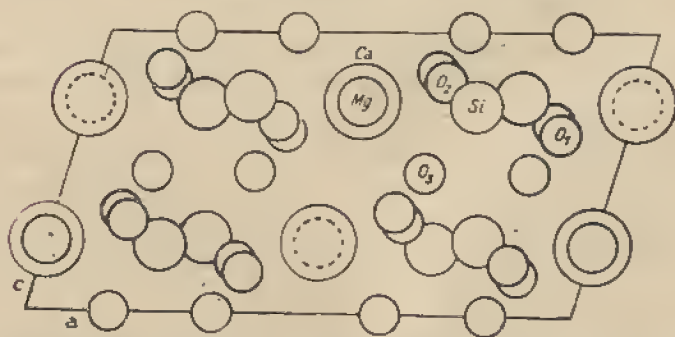
Jedna od prvih projekcija funkcije rasporeda elektrona u kristalu prikazana je na slici 13. Nju je dobio W. L. Bragg godine 1929. Radi se o kristalnoj rešetki silikatnog minerala diopsida kemijske formule  $\text{MgCa}(\text{SiO}_3)_2$ . Kakve su to linije?



Linije koje vidimo na projekciji elektronskog rasporeda u elementarnoj ćeliji kristalne rešetke diopsida su linije koje spajaju mjesta jednake elektronske gustoće. Isto onako kao što na geografskim kartama spajaju mjesta jednake nadmorske visine da bi mogli na ravni papira prikazati reljef zemljišta, tako isto i na projekcijama elektronske gustoće prikazuju raspored elektrona u kristalnoj rešetki. Razumije se, tamo gdje te linije slijede gusto jedna za drugom tamo ima mnogo elektrona, tamo je gustoća elektronskog oblaka veća. Mi smo navikli zamišljati atome kao



Sl. 13. Krivulje jednake elektronske gustoće na projekciji elementarne ćelije kristala diopsida  $\text{MgCa}(\text{SiO}_3)_2$  (W. L. Bragg).



Sl. 14. Model rasporeda atoma u kristalnoj rešetki diopsida postavljen na osnovu projekcije rasporeda elektronske gustoće dobivene pomoću rentgenske strukturne analize, a prikazane na slici 13.

čvrste kuglice. Ako gornju projekciju »prevedemo« na takvu predodžbu, onda imamo prema W. L. Braggu sliku 14. Mjesta velike elektronske gustoće objasnio je Bragg kao mjesta na koja se projiciraju magnezijev i kalcijev atom zajedno. Iz ostalih značenja elektronske gustoće mogao je Bragg zaključiti koje položaje imaju silicijevi i kisikovi atomi. Značajno je da su magnezijev i kalcijev ion osamljeni i imaju kuglastu formu. To znači da su oni u rešetki u ionskom stanju i povezani su s negativno nabijenim  $\text{SiO}_3$ -skupinama elektrostatskim silama. To je mogao Bragg potvrditi i po vrijednosti elektronske gustoće na projekciji. Izašlo je skoro točno da ukupni broj elektrona na tim mjestima iznosi 28 elektrona, što odgovara zbroju elektrona magnezijevog ( $\text{Mg}^{++}$ ) i kalcijevog ( $\text{Ca}^{++}$ ) iona. Mi se na toj uspješnoj projekciji elektronskog rasporeda ne ćemo dalje zadržavati, no ističemo, da se od nje još mnogo toga može doznati.

Projekcija elektronske gustoće na slici 13. je u stvari »slika« kristalne rešetke koju daje »matematički rentgenski mikroskop« — rentgenska strukturna analiza. Čitateljima će se ta slika učiniti čudnom i nesavršenom, jer nije fotografija. Međutim ta slika daje sve što o strukturi možemo saznati današnjim sredstvima nauke. Ta je slika kvantitativna, ona daje sve podatke u brojevima i dovoljno točno. Kao što iz točne geografske karte čitamo sve podatke terena kojeg nismo ni vidjeli, tako iz ovih »snimaka« rentgenske strukturne analize doznajemo detalje iz nevidljivog svijeta kristalne rešetke. Međutim, mogu se dobiti i »fotografije« kristalne rešetke po metodi koju je također prvi upotrebio Bragg. Takva fotografija rešetke diopsida prikazana je na slici 15.

Te su fotografije dobivene opet prema Abbe-ovoj teoriji postanka slike u mikroskopu i po istoj metodi kojom smo grafičkim putem načinili sliku mrežice. To je Fourierova sinteza učinjena direktno na fotografskoj ploči. U tu svrhu osvijetljavao je Bragg fotografsku ploču\* u više navrata i to svaki put u onoj mjeri i na onaj način kako to zahtijeva raspored amplituda koje

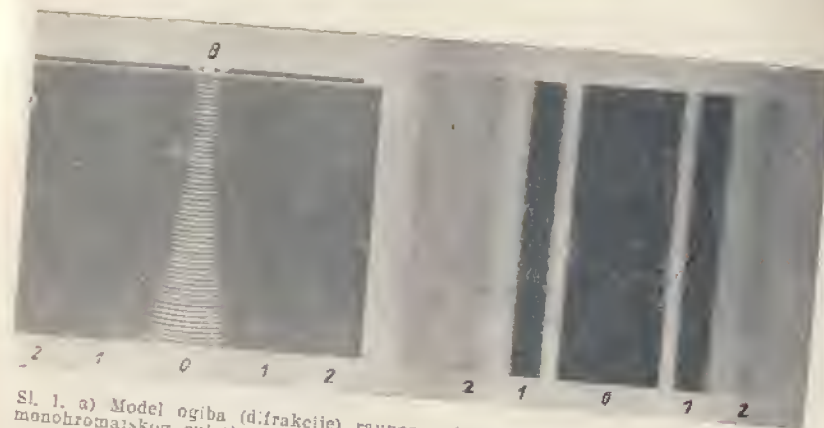
\* U stvari, upotrebio je specijalni, na svijetlo osjetljiv fotografske emulzije suviše osjetljive na svijetlo. papir, jer su obične

da je svaki interferencijski maksimum posebno. Na slici 16. prikazana je fotografska ploča, kad je bila osvijetljena tako kako to zahtijevaju redom interferencijski maksimum 102 (a), 002 (b), 302 (c) i 30 $\bar{1}$  (d). Crna, jako osvijetljena mjesta odgovaraju maksimalnim vrijednostima amplituda, a svijetla, neosvijetljena mjesta, odgovaraju minimalnim vrijednostima amplituda. Kad tamna pruga prolazi kroz centar simetrije (ishodište) onda je uzeta amplituda s pozitivnim predznakom, a kad svijetla pruga\* prolazi kroz centar simetrije onda amplituda ima negativan predznak. U prvom slučaju nema razlike u fazi, a u drugom je ona 180°. Kad se fotografska ploča osvijetli redom na ovaj način priložima svih interferencijskih maksimuma onda se sva pojedinačna osvijetljenja sumiraju u jednu sliku — u sliku kristalne rešetke (sl. 15.). U toj slici tamnija mjesta znače više elektrona, a svjetlija manje elektrona. Ta se slika može punim pravom nazvati fotografijom kristalne rešetke, jer je nastala na onaj način na koji nastaju slike u mikroskopu. Međutim u nauci mnogo više cijene projekcije elektronskog rasporeda nego ove fotografije. Prve su mnogo točnije i preglednije od potonjih.

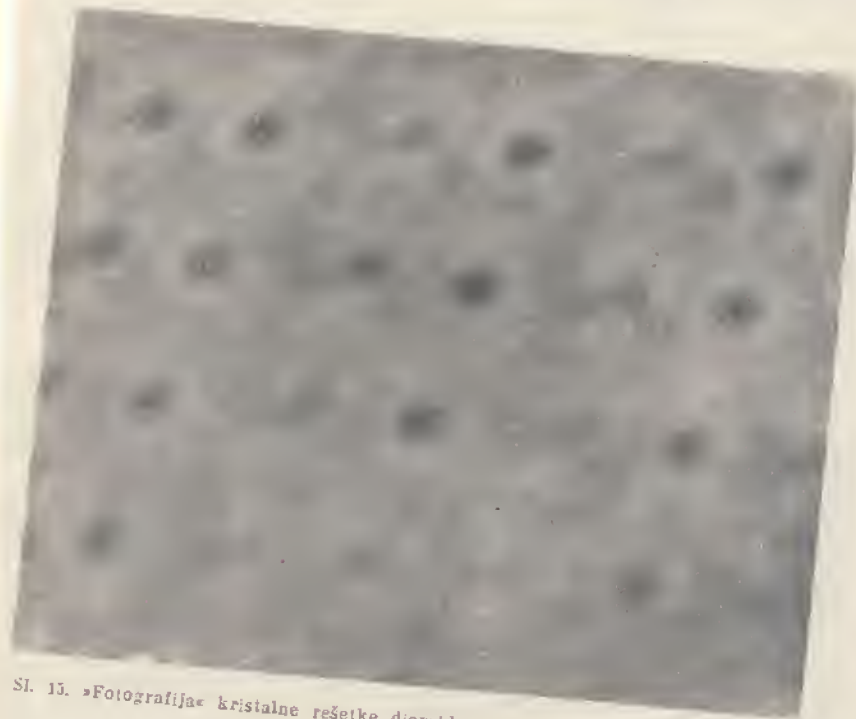
Da završimo na jednom primjeru na kom je u najnovije vrijeme rentgenska strukturna analiza pokazala sjajne mogućnosti i opravdala glas najmoćnijeg mikroskopa današnjice. To je primjer određivanja strukture vrlo složene molekule, molekule penicilina.

Poznato je, da je prvoklasno ljekovito djelovanje penicilina našlo već svoju široku upotrebu a kemijska formula — struktura molekule penicilina — još nije bila ustanovljena. I ako su kemijske metode određivanja strukture molekula najbolje i najbrže vode k cilju, kemičari se nisu mogli odlučiti u izboru između dviju najvjerojatnijih formula. Kristali penicilina bili su zbog toga podvrgnuti rentgenskoj strukturnoj analizi. U ispitivanje je uzet derivat penicilina — kalijeva i rubidijeva sol benzil-penicilina. Izmjereni su svi interferencijski maksimum i učinjena je projekcija na tri plohie. Raspored atoma na tim projekcijama neosporno je

\* Promjena tamnog i svijetlog teče, razumije se, po harmoničkom zakonu, cosinus-funkcijom, što se na reprodukciji točno ne vidi.

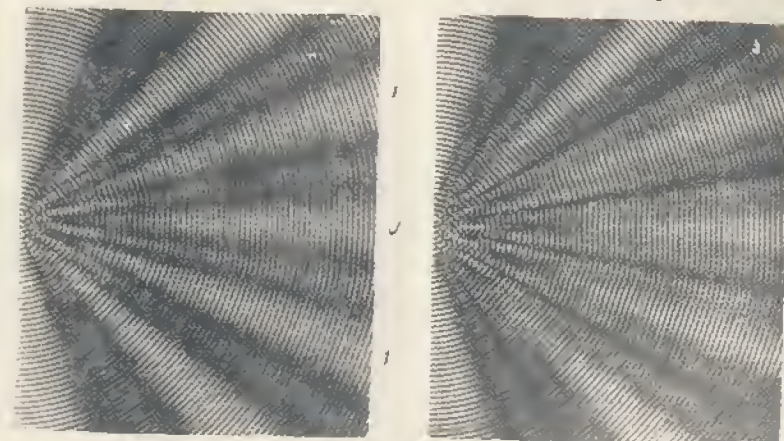


Sl. 1. a) Model ogiba (difrakcije) ravnog vala na uskoj pukotini B; b) Ogib monohromatskog svjetlosnog vala na uskoj pukotini snimljen na fotografskoj ploči (negativ). Obe slike prema R. W. Pohl-u.

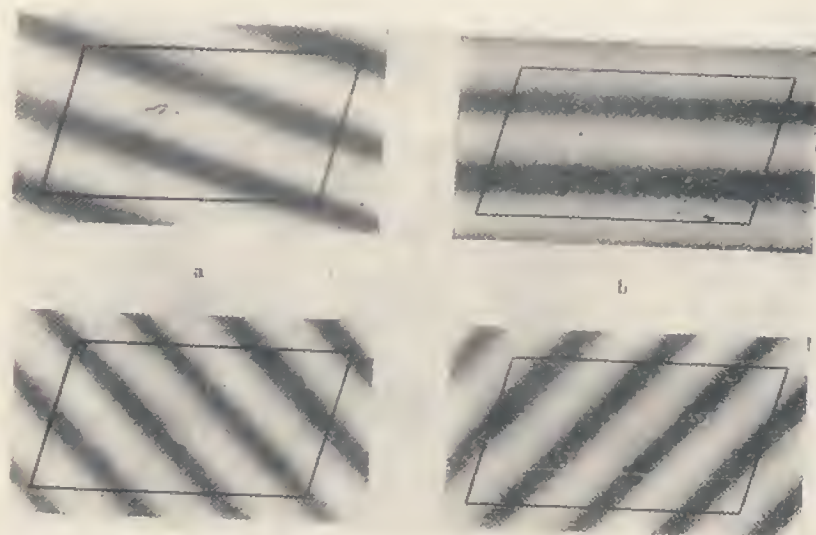


Sl. 15. »Fotografija« kristalne rešetke diopsida (W. L. Bragg). Vidi objašnjenje u tekstu.

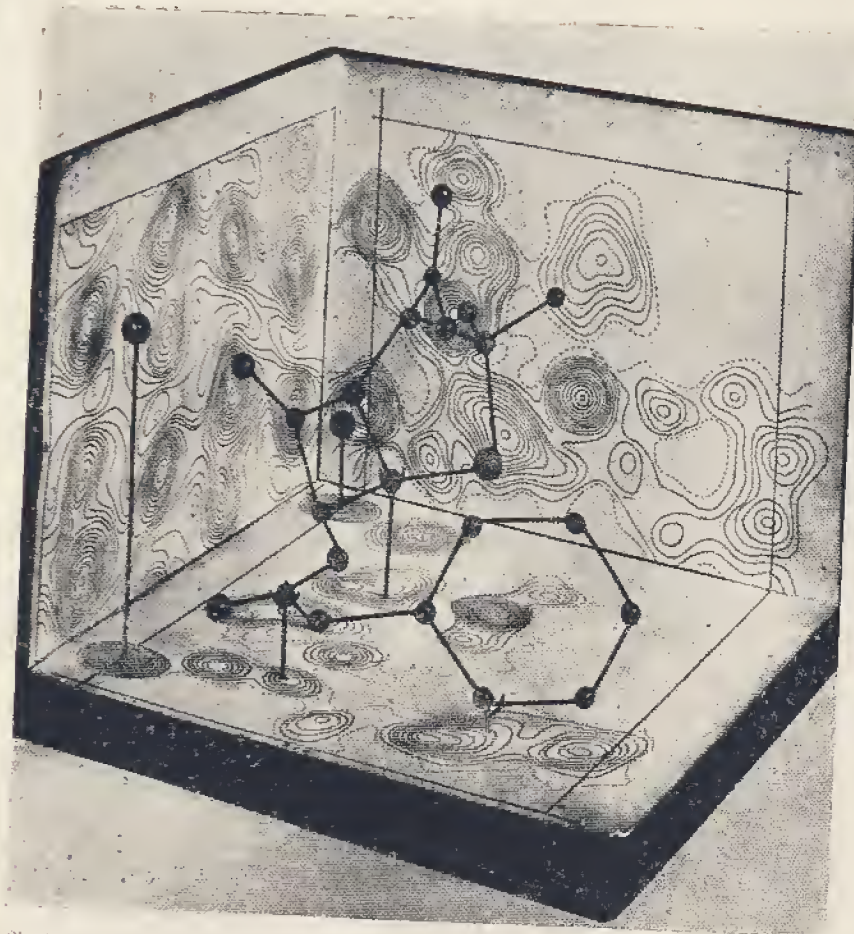




Sl. 3. Model ogiba na tri pukotine (lijevo) i četiri pukotine (desno)  
Prema R. W. Pohl-u.



Sl. 10. Raspored amplituda što ih donosi konačnoj slici kristalne rešetke na sl. 15  
svaki od uzeta četiri interferencijska maksimuma i to redom s indeksima 102, 002,  
302, 301. Sumiranjem osvijetljenja na svakoj točki što ih daju svi interferencijski  
maksimumi zajedno, njih oko četrdeset, dobije se »fotografija« na slici 15,  
(W. L. Bragg).



Sl. 17. Model molekule benzil penicilina sastavljen od kuglica. Taj je model sastavljen na osnovu projekcija elektronske gustoće dobivene metodama rentgenske strukturne analize. Te tri projekcije pokazane su na slici. Poredaj atoma i struktura molekule tako su definitivno ustanovljeni.



otkrivao pravu strukturu molekule. Dobivenu projekciju funkcije elektronske gustoće u kristalnoj rešetki mogu dati molekule samo sa jednom od predloženih formula. Model molekule kalijevog benzil-penicilina sastavljen od kuglica koje prikazuju atome, zajedno sa sve tri projekcije prikazan je na slici 17. Svakom atomu u molekuli točno je određen položaj. Njihova međusobna povezanost u molekuli kao i njihovi razmaci utvrđeni su bez svake sumnje. Rentgenska strukturna analiza riješila je dilemu kemičara i olakšala napore oko sinteze te važne tvari.

Moderna nauka nema boljeg mikroskopa, nema mikroskopa veće moći povećavanja i razlučivanja, nego što je to rentgenska strukturna analiza. Vidjeli smo, da naziv »supermikroskop« za rentgensku strukturnu analizu nije samo slikovita poredba već on ima svoj unutarnji razlog. Rentgenska strukturna analiza u stvari je onaj matematički »optički sistem« za rentgenske zrake koji radi na istom principu kao i obični i elektronski mikroskop. Genijalna je bila ideja slavnog engleskog fizičara Bragga da Abbe-ovu teoriju postanka slike u mikroskopu primijeni na pojavu interferencije rentgenskih zraka na kristalima. Tako je nastala metoda koja je donijela bogate plodove. Ona je omogućila da se eksperimentalnim putem stekne uvid u carstvo kristalne i molekularne građe u stepenu u kom to nijedan mikroskop, nijedna metoda nije postigla.

#### *Bilješka*

Abbe-ovu teoriju postanka slike u mikroskopu prvi je matematski obradio A. B. Porter. Njegova je radnja izašla 1906. god. u časopisu »The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science« (ser. 6., vol. 11., str. 154.). Vrlo je jasno i lako pisana i može se smatrati najboljim prikazom Abbe-ove teorije.

Porterovu radnju kao i njegov prikaz uzeo je W. H. Bragg kao bazu za primjenu Fourierove metode u rentgenskoj strukturnoj analizi. Temeljni opis te metode u tu svrhu primijenjene daje W. L. Bragg (sin) god. 1929. u časopisu »Zeitschrift für

Kristallographic» (vol. 70., str. 475.). Na istom mjestu opisana je i prvi puta fotografska metoda Fourierove sinteze. Oтуда su uzete i slike za naš članak.

Sve metode rentgenske strukturne analize opisane su u različitim specijalnim knjigama. Spominjemo: C. W. Bunn, Chemical Crystallography, Oxford 1946. Iz te knjige uzete su i neke slike za ovaj članak.

Klasične eksperimente i teoriju o ogibu i interferenciji svjetlosti naći će čitaoci opisane u raznim udžbenicima optike. Od novijih knjiga osobito se ističu: R. W. Pohl, Einführung in die Optik, Berlin 1943, te G. S. Landsberg, Optika, Moskva, Lenjingrad 1947. Iz Pohl-ove knjige uzete su i neke slike za ovaj članak. Prijevod jednog i drugog lijepog udžbenika optike dobro bi došao za unapređenje fizike kod nas.

## S A D R Ź A J

|  |     |
|--|-----|
| I. UVOD I KALENDAR                                     | 5   |
| Geografske koordinate zvjezdarnica u Zagrebu           | 6   |
| Astronomski znaci i pokrate                            | 6   |
| Podaci o godini 1951.                                  | 7   |
| Kalendar 1951.   | 8   |
| Tumač kalendaru  | 12  |
| II. EFEMERIDE SUNČEVA SUSTAVA                          | 13  |
| Efemeride Sunca, Mjeseca i planeta                     | 14  |
| Elementi za fizička opažanja Sunca                     | 38  |
| Pomrčine Sunca i Mjeseca u 1951.                       | 40  |
| Pojave kod četiriju velikih Jupiterovih satelita 1951. | 41  |
| Položaji četiriju Jupiterovih satelita 1951.           | 42  |
| Zvjezdano nebo i pojave po mjesecima                   | 44  |
| III. TUMAČ EFEMERIDAMA                                 | 57  |
| Glavni pojmovi sferne astronomije                      | 58  |
| Elementi Sunčeva sustava                               | 76  |
| Elementi staza Sunčeva sustava                         | 78  |
| Podaci o velikim planetima                             | 79  |
| Sateliti velikih planeta                               | 80  |
| Astronomske konstante i podaci                         | 82  |
| Glavni rojevi meteora                                  | 85  |
| Elementi staza periodičkih kometa                      | 86  |
| Upotreba efemerida                                     | 88  |
| IV. ZVIJEZDE   | 93  |
| Popis zvijezda   | 94  |
| Najbliže zvijezde                                      | 96  |
| Petnaest najsajnijih zvijezda                          | 98  |
| Zvijezde sa najvećim vlastitim gibanjem                | 99  |
| Zvijezde sa najvećim radijalnim gibanjem               | 100 |
| Petnaest najsajnijih dvojnih zvijezda                  | 101 |
| Eklipsne promjenljive zvijezde                         | 102 |
| Minima Algola 1951.                                    | 103 |
| Sjajnije kratkoperiodične promjenljive zvijezde        | 104 |
| Sjajnije dugoperiodične promjenljive zvijezde          | 105 |
| Sjajnije nepravilne promjenljive zvijezde              | 106 |
| Konstante za redukciju 1951.                           | 107 |
| Srednja mjesta osnovnih zvijezda                       | 108 |
| Tumač tablicama o zvijezdama                           | 112 |



|   |     |
|---|-----|
| V. POMOĆNE TABLICE . . . . .  | 121 |
| Normalna refrakcija . . . . .   | 122 |
| Korekcije normalnih refrakcija . . . . .  | 123 |
| Precesija u deklinaciji . . . . .   | 124 |
| Precesija u rektascenziji . . . . .   | 125 |
| Trajanje građanskog sumraka . . . . .   | 126 |
| Trajanje astronomskog sumraka . . . . .   | 126 |
| Poludnevni luk . . . . .  | 127 |
| Pretvaranje zvjezdanog vremena u srednje vrijeme . . . . .                              | 128 |
| Pretvaranje srednjeg vremena u zvjezdano vrijeme . . . . .                              | 129 |
| Pretvaranje satova, minuta i sekunda u decimalne dijelove dana . . . . .                | 130 |
| Depresija horizonta i daljina vida . . . . .  | 134 |
| Mjere za daljine u astronomiji . . . . .  | 135 |
| Pretvaranje prividnih veličina u apsolutne . . . . .                                    | 135 |
| Pretvaranje razlike veličina u omjer sjaja . . . . .                                    | 136 |
| Glavne spektralne linije Sunčeva spektra . . . . .                                      | 139 |
| Vremenske zone (sa slikom) . . . . .  | 140 |
| Geografske koordinate . . . . .   | 142 |
| Upotreba tablica logaritama, sinusa i tangensa . . . . .                                | 143 |
| Mantise logaritama . . . . .  | 144 |
| Antilogaritmi . . . . .   | 146 |
| Prirodni sinusi . . . . .   | 148 |
| Prirodni tangensi . . . . .   | 150 |
| Tabele odnosa nekih fizikalnih veličina, mjerenih u raznim sistemima jedinica . . . . . | 152 |
| Tumač pomoćnim tablicama . . . . .  | 162 |
| VI. ČLANCI . . . . .  | 165 |
| Dr. S. Hondl: Boškovićev stalak . . . . .   | 167 |
| Prof. N. Abakumov: Geoid . . . . .  | 172 |
| Dr. D. Blauša: Problemi kozmologije i kozmogonije . . . . .                             | 183 |
| D. Grdenić: Rentgenska strukturna analiza kao najmoćniji teleskop . . . . .             | 216 |

Cijena 119 dinara  
Za članove Hrvatskog Prirodoslovnog Društva  
cijena 100 dinara



$$\frac{2\pi}{T}(t-\tau) = u - e \sin u \quad \left[ e \sin u \stackrel{!}{=} e \sin u \right] \quad \left[ u = \frac{2\pi}{T}(t-\tau) \right]$$

$$\frac{2\pi}{T}(t-\tau) = u - e \sin u \quad \left[ \frac{2\pi}{T}(t-\tau) \right]$$

$$u = \frac{2\pi}{T}(t-\tau) + e \sin u \left[ \frac{2\pi}{T}(t-\tau) \right]$$

$$2\pi = 360^\circ$$

$$T = 365,25$$

$t$  = BROJ DANA OD NOVE GODINE (TABLICA)

$\tau$  = datum perihela (za 1989.  $\tau = 2,25$  -  
- počet sunca kroz perihel b.o. je 02.01. u 06<sup>h</sup>)

$$\frac{2\pi}{T} = \frac{360}{365,25} = 0,985626$$

$$u = (t - 2,25) \cdot 0,985626 + e \sin [0,985626(t - 2,25)]$$

$$e = \text{ekcentricitet putanje} = 0,0327209$$

$$\lg \frac{u}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \cdot \lg \frac{u}{2}$$

$$\sqrt{\frac{1+e}{1-e}} = 1,0332741$$

$$\lg \frac{u}{2} = 1,0332741 \lg \frac{u}{2}$$

$$\lambda = \lambda_p - u$$

$$\lambda_p = 27^\circ 09' 25,64'' \quad (\text{za } 1989. \text{ godinu})$$

$$\delta_\odot: \quad \sin \delta = \sin \lambda \cdot \sin \epsilon$$

$$(\epsilon = \text{nagib ekliptike} = 23^\circ 26' 50'')$$

$$\text{SUKTASCHENZIDA:} \quad \lg(360 - \lambda) = \cos \epsilon - \lg \lambda$$

$$\text{SATNI KUT SUNCA:} \quad S_\odot = S_f + (360 - \lambda)$$

$$S_f = \text{SATNI KUT PROJEKNE TACKE:}$$

$$\text{DNEVNA PROMJENA:} \quad 0^\circ 59' 08,36''$$

$$\text{01.01. u 00<sup>h</sup>:} \quad 100^\circ 37' 24''$$

$$\text{SATNA PROMJENA:} \quad 45^\circ 02' 27,85''$$

$$\text{TACNOST:} \quad \pm 0,1 \text{ LOKU MINUTU}$$

TABLICA ZA 1989. G.

|     |         |
|-----|---------|
| 1.  | d - 1   |
| 2.  | d + 30  |
| 3.  | d + 58  |
| 4.  | d + 89  |
| 5.  | d + 119 |
| 6.  | d + 150 |
| 7.  | d + 180 |
| 8.  | d + 211 |
| 9.  | d + 242 |
| 10. | d + 272 |
| 11. | d + 303 |
| 12. | d + 333 |

ISKAKUJE ZA "5"

$$t = 0 - 160:$$

$$\Delta = -[11'' + 28'' \sin 2(u - 10)]$$

$$t = 161 - 280:$$

$$\Delta = [7'' + 7'' \cos(3t - 980)]$$

$$t = 281 - 365:$$

$$\Delta = +18'' \cos[(t - 280) \cdot 1,7]$$

$$R_5 = 1330 \text{ 180 h}$$

$$R_5 = 695 \text{ 232 h}$$

$$\angle = \arctan \frac{R}{r}$$

$$A = R_5 \cdot \tan \angle$$

$$I_1 = \frac{A^2}{R_5^2}$$

$$I_2 = \alpha \cdot I_1$$

$$I_3 = \frac{1}{2} I_1 \cdot (1 - \cos \angle)$$

$$I = I_3 \cdot \frac{A^2}{r^2}$$

$$I = \frac{A^2}{r^2} \cdot \frac{1}{2} (1 - \cos \angle) \cdot \alpha \cdot \tan^2 \left( \arctan \frac{R}{r} \right)$$

$$I = \frac{\alpha \cdot A^2 \cdot (1 - \cos \angle)}{2 r^2} \cdot \tan^2 \left( \arctan \frac{R}{r} \right)$$





$$m = m_s + C \cdot \log \left[ \frac{2 r_z^2 r^2}{a \cdot (AJ)^2 (1 - \cos \alpha) R^2} \right]$$

$$m_s = -26.86$$

$$C = \sqrt[5]{100}$$

$r_z$  - coefficient - l. of center

$r$  - coefficient pl. of sun

$a$  - distance (const)

$$(AJ) = 149504 \text{ km}$$

$L$  - light center - sun - 1 light

$R$  - radius pl. (const)

$$d_D = 6793.3289 \text{ d}$$

$$d_A = 3232.5919 \text{ d}$$

$$d_D = \frac{M_D \cdot M_S}{(M_S - M_D)}$$

$$d_A = \frac{M_A \cdot M_S}{(M_A - M_S)}$$

